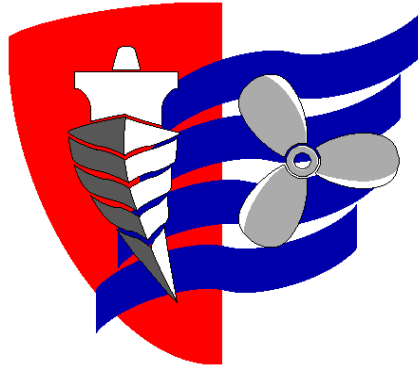


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE
PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN
EN UNA ESTRUCTURA EÓLICA
OFFSHORE**

DESIGN OF A SYSTEM OF PROTECTION AGAINST
CORROSION IN AN OFFSHORE WIND STRUCTURE

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

Autor: Laura Pelayo Ruiz

Director: Sergio García Gómez

Octubre - 2019

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE
PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN
EN UNA ESTRUCTURA EÓLICA
OFFSHORE**

DESIGN OF A SYSTEM OF PROTECTION AGAINST
CORROSION IN AN OFFSHORE WIND STRUCTURE

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

Octubre - 2019

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a todas las personas que de una forma u otra han formado parte del desarrollo de esta etapa.

A mi tutor, Sergio García, por el apoyo, la paciencia y la dedicación de su tiempo para hacer que este proyecto merezca la pena.

Por último, dar las gracias en especial a mi familia, a los que están y a los que se han ido. Gracias por aguantarme en las épocas en las que ni yo misma lo lograba, sin vuestro esfuerzo y apoyo incondicional esto no sería lo mismo. Gracias por cuidarme tan bien.



ÍNDICE GENERAL

1. MEMORIA	10
1.1 OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO	10
1.2 INTRODUCCIÓN A LA CORROSIÓN OFFSHORE DE ESTRUCTURAS FLOTANTES	11
1.3 ESTRUCTURA EÓLICA OFFSHORE.....	14
1.4 SISTEMAS DE PROTECCIÓN PROPUESTOS.....	23
1.5 NORMATIVA	27
2. ANEXOS	30
2.1 DETERMINACIÓN DE LA PROTECCIÓN CON RECUBRIMIENTOS	30
2.2 CÁLCULOS PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTES IMPRESAS	35
2.3 CÁLCULOS PROTECCIÓN CATÓDICA POR ÁNODOS DE SACRIFICIO.....	41
2.4 ANEXO CATÁLOGOS HEMPEL.....	52
3. PLANOS	63
4. PLIEGO DE CONDICIONES.....	70
4.1 GENERALIDADES	70
4.2 SEGURIDAD Y SALUD.....	71
4.3 DIRECCIÓN Y DESARROLLO DE LA INSTALACIÓN	71
4.4 RELACIONES ENTRE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO Y LA NORMATIVA ...	72
4.5 NORMATIVAS Y PRUEBAS	75
5. PRESUPUESTO	79
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clases generalizadas de corrosión.....	12
Figura 2 Corrosión en la zona de salpicaduras	13
Figura 3 Zonificación definitiva del Estudio Estratégico Ambiental y punto de estudio	14
Figura 4 Mapa eólico de Cantabria, velocidad de viento anual a 80 m.....	15
Figura 5 Mapa eólico de Cantabria, densidad de potencia media anual a 80 m.....	16
Figura 6 Emplazamiento del aerogenerador coordenadas grados decimales: 43.569309, -3.702390 ..	17
Figura 7 Mapa batimétrico de la costa de Cantabria	18
Figura 8 Estructuras offshore para eólica marina flotante.....	20
Figura 9 Esquema básico del Sistema WindFloat	21
Figura 10 Zonas de corrosión ilustradas en una estructura semisumergible	24
Figura 11 Modelo de la estructura en Autodesk Inventor con herramienta para calcular el área	32
Figura 12 Panel de control Thyristor de CATHELCO.....	39
Figura 13 Características de los productos de TELPRO y CATHWELL	40
Figura 14 De izquierda a derecha: ánodos tipo stand-off y flush mounted, respectivamente	44
Figura 15 Relación entre la resistividad y la temperatura a una salinidad de 30 a 40 ‰	45



ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Condicionantes para la elección del emplazamiento	14
Tabla 2 Características del aerogenerador	19
Tabla 3 Comparativa de las estructuras offshore	20
Tabla 4 Características principales del Sistema WindFloat	22
Tabla 5 Tasas de corrosión	24
Tabla 6 Sistemas de recubrimiento de acuerdo a las normas Norsok M-501 e ISO 12944-5	30
Tabla 7 Sistemas de recubrimiento seleccionados por el estudio según la zona de corrosión	31
Tabla 8 Superficie total de las zonas a proteger	33
Tabla 9 Superficie a proteger con sistemas de protección catódica	36
Tabla 10 Características electroquímicas de los ánodos de corriente impresa	38
Tabla 11 Densidades de corriente promedio(A/m ²) recomendadas por la norma DNV-RP-B401	42
Tabla 12 Valores de a y b en función de la profundidad según norma Norsok M-503	42
Tabla 13 Recomendaciones de capacidad electroquímica y de potencial de circuito cerrado según DNV-RP-B401	43
Tabla 14 Factores de utilización recomendados según DNV-RP-B401 para ánodos flush mounted	46
Tabla 15 Superficie a proteger de la corrosión con ánodos de sacrificio	46
Tabla 16 Composición química de los ánodos de aluminio según la Norma DNV -RP-B401	47
Tabla 17 Comparativa de las tasas de consumo entre ánodos de zinc y aluminio	48



RESUMEN

En el proyecto que se muestra a continuación, se procederá a la realización del diseño de un sistema de protección contra la corrosión marina teniendo en cuenta el área sumergida y de salpicaduras para una estructura eólica marina flotante quedando excluidos los sistemas de anclaje al fondo y la estructura del aerogenerador.

La estructura estará situada en Ribamontán al mar frente a la costa de Langre (Cantabria) a una distancia aproximada de 10 km (coordenadas grados decimales: 43.569309, -3.702390).

Se llevará a cabo una memoria descriptiva, en la que se detallan y analizan todos los elementos que tendrán influencia en el diseño del proyecto. Cuando se trate de tareas de protección contra la corrosión se tendrá en cuenta la experiencia acumulada en otro tipo de instalaciones marinas para seleccionar el tipo adecuado de protección. De esta forma, los sistemas de protección contra la corrosión seleccionados son los recubrimientos (pinturas) y la protección catódica tanto por corrientes impresas como por ánodos de sacrificio de aluminio.

En el desarrollo, se realizarán una serie cálculos y planos con el fin de conocer las necesidades de la estructura propuesta por el cliente, utilizando como normativa de referencia la DNVGL-ST-0119.

Por último, se expondrá un presupuesto detallado de los costes de toda la instalación ascendiendo a un total de 312.054,18 €.

PALABRAS CLAVE: Eólica flotante offshore, diseño, corrosión marina, protección por corriente impresa (ICCP), recubrimientos.



ABSTRACT

The project shows, the design of a marine corrosion protection system for a floating offshore wind structure. This will be carried out by taking into account the submerged and splash area, excluding the anchoring systems and the wind turbine structure.

The structure will be located in Ribamontán al mar facing the coast of Langre (Cantabria) at an approximate distance of 10 km (decimal degrees coordinates: 43.581124, -3.714901).

A descriptive report, in which all the elements that influence the design of the project will be detailed and analysed. In the case of the corrosion protection tasks, the experience accumulated in other types of marine installations will be taken into account to select the appropriate type of protection system. In this way, the corrosion protection systems selected are the coatings (paints) and cathodic protection by using impressed currents systems and aluminium sacrificial anodes.

During the development of the project, a series of calculations and drawings will be carried out in order to meet the needs of the structure proposed by the client, using the DNVGL-ST-0119 as a reference standard.

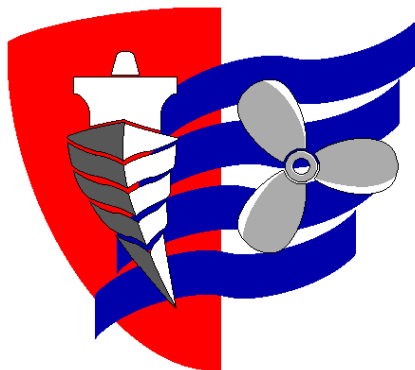
Finally, a detailed budget of the costs of the entire installation will reach a total of 312.054,18 €.

KEYWORDS: Floating offshore wind, design, marine corrosion, impressed current cathodic protection (ICCP), coatings.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



MEMORIA

GRADO EN INGENIERÍA MARÍTIMA



1. MEMORIA

1.1 OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto consiste en realizar el diseño de un sistema de protección contra la corrosión en una estructura eólica marina (offshore) flotante.

La motivación que se encuentra para realizarlo es simple, el consumo de energía en España y en el mundo está en pleno crecimiento lo que conlleva a que el consumo de electricidad también se haya visto incrementado y las formas tradicionales de generación energética no satisfacen a una población en aumento más concienciada con la protección del medio ambiente. Por lo tanto, es lógico el cambio hacia un nuevo modelo en el que las energías renovables sean las fuentes de producción de energía que abastezcan a la población.

De esta forma, una de las tecnologías por las que más se está apostando es la energía eólica, la cual se sitúa en un crecimiento global. Sin embargo, cuenta con una serie de problemas como son el crecimiento de las zonas urbanizadas (lo que produce una reducción de los emplazamientos para la localización de estas estructuras) y la contaminación visual.

Con el fin de remediar estos problemas se propone realizar las nuevas instalaciones de turbinas eólicas en el mar ya que, además de corregir las dificultades antes descritas tiene la ventaja de producir una mayor de energía.

El cliente ha optado por una estructura eólica offshore flotante cuya instalación se fijará al lecho marino del Mar Cantábrico. La localización del aerogenerador marino se encuentra dentro del litoral de la comunidad autónoma de Cantabria. Conociendo lo anterior la base del proyecto se centrará en el diseño de la protección contra la corrosión de la estructura elegida por el cliente.



1.2 INTRODUCCIÓN A LA CORROSIÓN OFFSHORE DE ESTRUCTURAS FLOTANTES

El término corrosión se define de la siguiente manera: “Interacción fisicoquímica entre un metal y su entorno que da como resultado cambios en las propiedades del metal y que puede conducir a un deterioro significativo de la función del metal, el medio ambiente o el sistema técnico del que forman parte”[1]. Esta interacción a menudo se dice que es de naturaleza electroquímica.

Las incrustaciones biológicas pueden ser causa de varios problemas de corrosión al fijarse a la estructura. Cuando se sumerge la estructura en el mar no tarda en recubrirse de lo que se denomina “velo biológico” actuando como un arrecife artificial, lo que respalda a una acumulación indeseable de vida marina al ofrecer el hábitat para microorganismos, algas, peces e invertebrados.

Es por esto, por lo que la definición de corrosión debe ampliarse aún más para incluir factores de influencia microbiana (biofouling).

Los resultados que produce la corrosión son responsables de la alteración de las propiedades de los materiales afectados y lleva asociada una pérdida de material. Las graves consecuencias del proceso de corrosión se han convertido en un problema importante en entornos marinos debido a condiciones operativas extremas y la presencia de elementos corrosivos agresivos.

El control de la corrosión se logra reconociendo y comprendiendo los mecanismos de corrosión, utilizando materiales y diseños resistentes a la corrosión y utilizando sistemas de protección, dispositivos y tratamientos.

Según la norma UNE-EN ISO 8044 [2], se pueden producir diferentes tipos de corrosión (Figura 1). Los fallos más abundantes que producen en el ambiente marino son la corrosión por picaduras, corrosión en resquicios, corrosión galvánica, corrosión bajo tensión, corrosión por fatiga, ataque por choque y la corrosión selectiva.

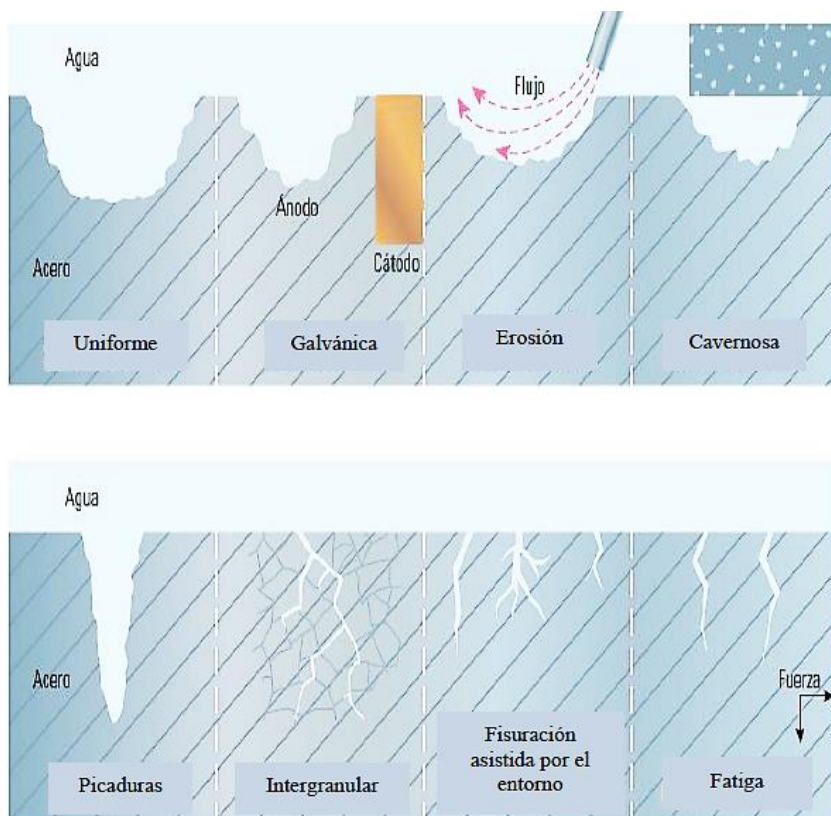


Figura 1 Clases generalizadas de corrosión
[3]

Las estructuras offshore, que desempeñan su vida útil en el mar, son estructuras estáticas o con una gran dificultad para trasladarse a dique seco. De esta manera, la adhesión de biofouling y la posterior generación de corrosión se producen de manera completamente diferente que las estructuras dinámicas, como los buques.

Además, las estructuras offshore fijadas al fondo marino asumen diferentes consideraciones en la protección contra la corrosión que las estructuras flotantes, debido a que estas últimas tienen mayor superficie expuesta a condiciones más agresivas.

La corrosión en el medio marino varía en función de la profundidad a la que está sumergida la estructura. El entorno de aguas profundas tiene un ambiente muy diferente de la superficie, ya que se caracteriza por la ausencia total de luz solar, la alta presión hidrostática (aumento de 1 atm por cada 10 m de profundidad) y una baja temperatura del agua de aproximadamente 5°C.



Todas estas variables reducen la agresividad del entorno para las estructuras fijas. Por el contrario, las aguas superficiales tienen un mayor nivel de corrosión, especialmente en la zona denominada de salpicaduras (Figura 2), que se localiza justo encima de la línea del nivel de agua. Esto indica que las estructuras flotantes tendrán mayores problemas de corrosión y se deberán de diseñar sistemas y recubrimientos para mitigarlos.



Figura 2 Corrosión en la zona de salpicaduras
[3]

El desarrollo de los nuevos recubrimientos intenta resolver el problema del tiempo de duración y protección contra la corrosión. Los nuevos recubrimientos tienen que proteger en las diversas zonas de la estructura offshore, en la cual se producen diferentes tasas de ataque producidas por la corrosión.

Hoy en día, todavía sigue habiendo debate sobre los sistemas de recubrimiento más óptimos para las estructuras offshore. La corrosión continúa siendo un gran problema en las estructuras marinas, y un factor importante para tener en cuenta en los análisis económicos de todas las instalaciones offshore.



1.3 ESTRUCTURA EÓLICA OFFSHORE

1.3.1 LOCALIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA OFFSHORE

El emplazamiento de la estructura flotante el cliente lo ha definido teniendo en cuenta varios factores (Tabla 1), que tendrán una importancia mayor o menor a la hora de elegir la propia localización.

Tabla 1 Condicionantes para la elección del emplazamiento
[4]

<div style="text-align: center;"> + ↑ ↓ - </div>	Potencia eólica
	Grado de afección
	Capacidad de construcción/instalación
	Distancia de la costa
	Profundidad de la zona

1.3.1.1 POTENCIAL EÓLICO DISPONIBLE

El potencial eólico marino en el litoral de Cantabria, se tomó como referencia del “Estudio estratégico ambiental del litoral español” (EEAL)[5], aprobado en abril de 2009 por los Ministerios de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, e Industria, Turismo y Comercio con el siguiente código de colores (Figura 3):

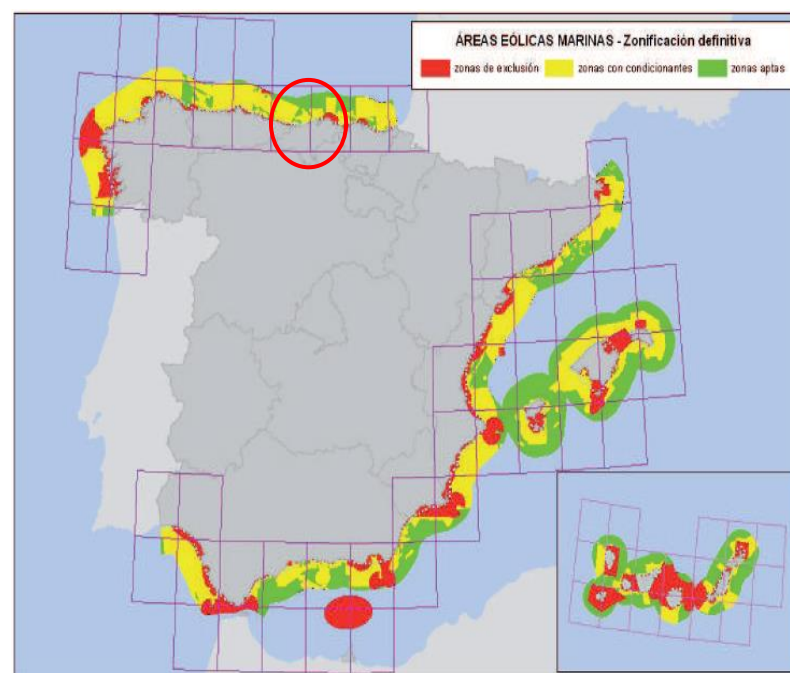


Figura 3 Zonificación definitiva del Estudio Estratégico Ambiental y punto de estudio
[5]



- Color rojo: “zonas de exclusión”, en las que se detectó incompatibilidad entre la existencia de parques eólicos marinos (mayores de 50 MW) y los usos o actividades ya establecidos.
- Color amarillo: “zonas aptas con condicionantes”, donde el desarrollo de parques eólicos marinos está condicionado.
- Color verde: “zonas aptas”, en las que no se detectó incompatibilidad, en términos de planificación estratégica.

Gracias al “Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía” (IDAE) [6] se ha elaborado un Atlas Eólico de España, que incluye un mapa de Cantabria, con fiabilidad suficiente para permitir una primera evaluación del potencial eólico disponible.

Teniendo como referencia del recurso eólico marino mínimo necesario con una velocidad media anual de 7,5 m/s a 80 m de altura [6], nos permite confirmar que la costa posee un interesante recurso eólico y, en general, bastante superior a la mayoría del territorio interior.

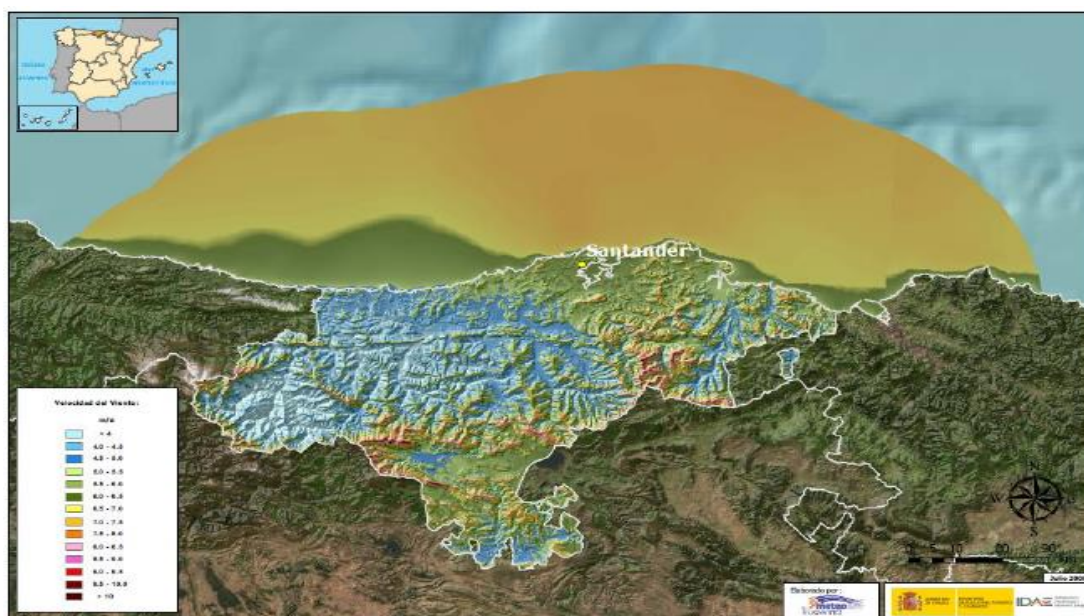


Figura 4 Mapa eólico de Cantabria, velocidad de viento anual a 80 m

[7]

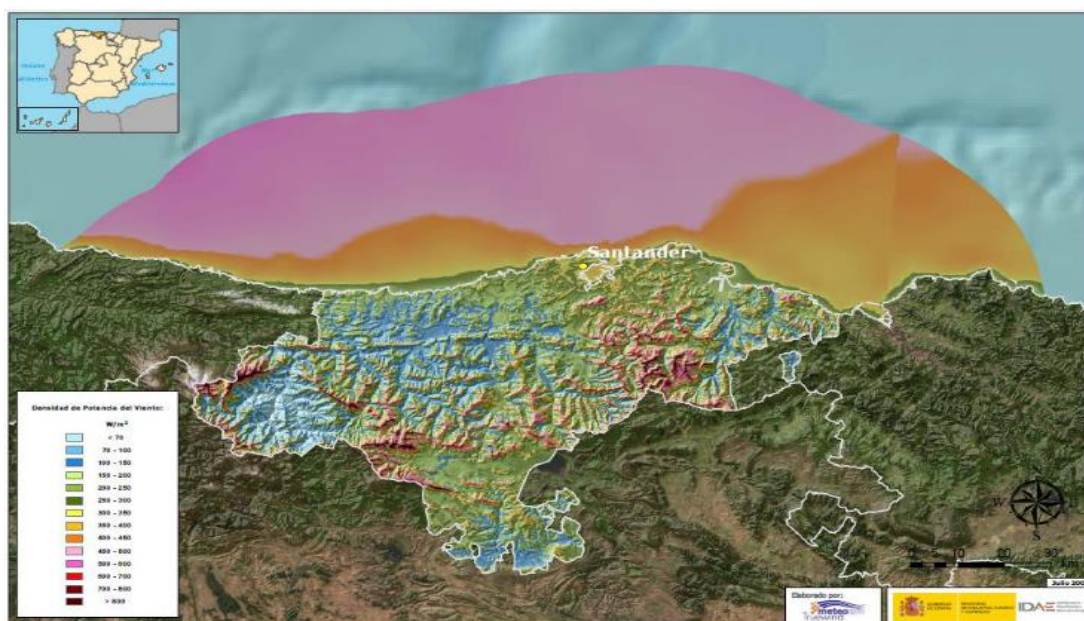


Figura 5 Mapa eólico de Cantabria, densidad de potencia media anual a 80 m

[7]

El primer mapa (Figura 4) nos ofrece información sobre la velocidad media anual del viento a 80 metros de altura en distintas zonas de Cantabria, con velocidades mínimas por debajo de los 4 m/s, y máximas de más de 10. El segundo mapa (Figura 5), por otro lado, analiza la densidad de potencia eólica media anual en la comunidad autónoma a 80 metros de altura, con un mínimo de menos de 70 W/m² y un máximo de más de 800.

1.3.1.2 IMPACTO AMBIENTAL, DISTANCIA DE LA COSTA Y PROFUNDIDAD DE LA ZONA

Según la información del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente que ha publicado una Red de Áreas Marinas Protegidas de España (RAMPE) en la que se encuentran las denominadas Reservas Marinas, ZEC/AMP¹ y ZEPA², se sitúan en la costa Cántabra las Zonas de Especial Protección para las Aves de las marismas de Santoña, Victoria y Joyel y la Ría de Ajo muy cerca de la costa.

¹ Zona de Especial Conservación/Área Marina Protegida.

² Zona de Especial Protección para las Aves.



La única Zona de Especial Conservación o Área Marina Protegida que encontramos en la región se trata del espacio marino de El Cachucho. Por lo que, las principales actividades que pueden interferir en la definición de la ubicación de la estructura flotante son la pesca y el transporte marítimo.

El EEAL para la instalación de parques eólicos marinos, establece una banda de 8 Km paralela a la línea de costa en base al impacto visual de los aerogeneradores.

Diversos estudios [7] [8] coinciden en que la mayor producción energética se dispone en la zona central de la región, de esta forma el cliente selecciona como ubicación del presente proyecto Ribamontán al Mar frente a la costa de Langre (Cantabria) a una distancia aproximada de 10 km (Figura 6).



Figura 6 Emplazamiento del aerogenerador coordenadas grados decimales: 43.569309, -3.702390
[9]

Hasta hace poco, los aerogeneradores marinos se encontraban limitados a una profundidad máxima de 50 m empleando cimentaciones fijas. Sin embargo, los desarrollos tecnológicos han permitido ubicar estas estructuras en zonas más profundas que permiten aprovechar el potencial recurriendo a tecnologías flotantes todavía en desarrollo.



Los mapas batimétricos de la costa de Cantabria (Figura 7) nos permiten observar y considerar que existen puntos del lecho marino donde a pocos kilómetros de la costa, la profundidad es muy elevada.

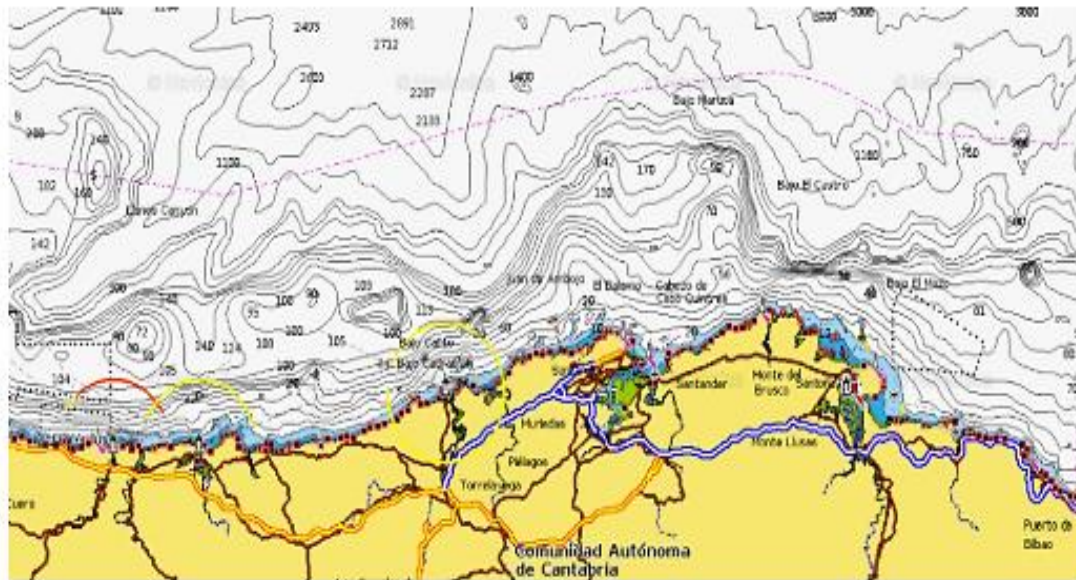


Figura 7 Mapa batimétrico de la costa de Cantabria

Esto, imposibilita en gran medida la instalación de cimentaciones fijas al lecho marino debiendo de recurrir a las estructuras flotantes.

1.3.2 EL AEROGENERADOR

El entorno marino es especialmente agresivo y los aerogeneradores deben de estar diseñados para soportar condiciones ambientales adversas. La elección del sistema de protección contra la corrosión del aerogenerador debe ser el más adecuado a las condiciones marinas.

El aerogenerador seleccionado por el cliente se trata de una turbina convencional, orientada a contraviento, de 5 MW de potencia, de velocidad variable, y paso controlable con las siguientes características (Tabla 2):



Tabla 2 Características del aerogenerador
[10]

Potencia nominal	5 MW
Nº Palas	3
Orientación del rotor	Upwind
Control	Velocidad variable Paso controlable
Velocidad del viento para conexión	3 m/s
Velocidad nominal del viento	11,4 m/s
Velocidad del viento para desconexión	25 m/s
Velocidad nominal de la punta de la pala	80 m/s
Diámetro rotor	126 m
Altura de la torre	90 m
Peso rotor	110 T
Peso góndola	240 T
Peso torre	350 T

1.3.3 ESTRUCTURA

Dada la situación en la que se quiere localizar la estructura, el cliente prefirió elegir una plataforma flotante como consecuencia de la profundidad del lecho marino (más de 100 m).

Como ya conocemos, existen diferentes tecnologías offshore (Figura 8) entre las que podemos encontrar la tipo Barge, Semisumergible, Spar o TLP que son las que mayor potencial han demostrado y aparentemente se encuentran cerca de la comercialización.

Los objetivos o requerimientos de diseño para la eólica marina flotante es que deben ser diseños optimizados que, a su vez, aseguren la integridad estructural, eficiencia y coste. Resulta de gran importancia destacar que, en general, las plataformas flotantes se encuentran aún en etapas de desarrollo.

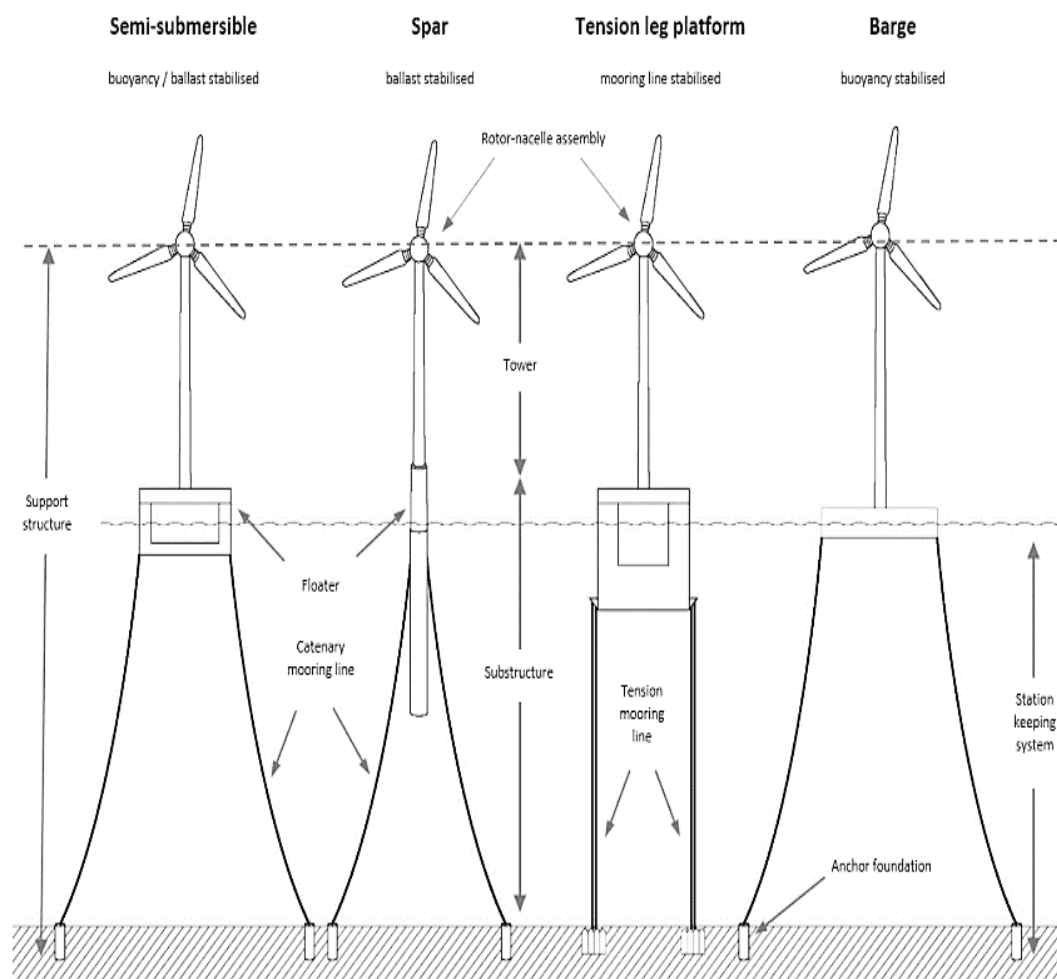


Figura 8 Estructuras offshore para eólica marina flotante

[11]

De las características de los tipos de estructuras offshore podemos realizar un análisis comparativo de las tres tecnologías, pudiéndose observar en la Tabla 3.

Tabla 3 Comparativa de las estructuras offshore

[8]

PARÁMETROS	SPAR	TLP	BARGUE/SEMI
Estabilidad	Líneas de amarre	Lastre	Flotabilidad
Construcción	0	-	+
Instalación	-	0	+
Operación/Mantenimiento	-	+	0
Profundidad	+	-	0
Anclaje	-	0	+



La plataforma diseñada para soportar el aerogenerador es semisumergible porque dispone de mayores ventajas y menores inconvenientes. Más concretamente es la estructura semisumergible WindFloat. Su estabilidad se debe al uso de "placas de retención de agua" en la parte inferior de los tres pilares, asociadas con un sistema de lastre estático y dinámico.



Figura 9 Esquema básico del Sistema WindFloat
[10]

Este sistema (Figura 9) consiste en 3 columnas unidas entre sí por una estructura en celosía, y que soporta un aerogenerador situado sobre una de ellas. El sistema de amarre se realiza por medio de líneas de catenaria (cable-cadena): Un total de 4 líneas, 2 situadas en la columna que soporta el aerogenerador, y una en cada una de las otras 2 columnas.



En este tipo de estructuras los miembros estructurales se agrupan en:

- Elementos primarios, aquellos que constituyen los elementos básicos de la estructura cuyo fallo podría ser muy importante para la integridad del conjunto.
- Elementos secundarios, aquellos cuyo fallo no resulta crítico.
- Elementos especiales, aquellas estructuras que por su configuración o por una situación de carga particular se salen de la categorización anterior y requieren una inspección todavía más cuidadosa.

A continuación, se resumen algunas de las características principales del sistema (Tabla 4):

Tabla 4 Características principales del Sistema WindFloat
[10]

Diámetro de las columnas	10,7 m
Altura de las columnas	37,6 m
Distancia entre los centros de las columnas	56,4 m
Diámetro barra entre columnas	1,2 m
Calado	22,9 m
Desplazamiento	6420 T
Altura Metacéntrica: GM	16,15 m
Altura del Centro de Gravedad	18,8 m
Radio de Giro alrededor del Eje x	25,83 m
Radio de Giro alrededor del Eje y	25,83 m
Radio de Giro alrededor del Eje z	31,20 m



1.4 SISTEMAS DE PROTECCIÓN PROPUESTOS

Las graves consecuencias del proceso de corrosión se han convertido en un problema importante en entornos marinos debido a condiciones operativas extremas y la presencia de elementos corrosivos agresivos.

Hay varios métodos disponibles para evitar, ralentizar o controlar la corrosión. Los principales factores que deben considerarse para lograr una adecuada protección contra la corrosión se enumeran a continuación:

- Tolerancia de corrosión
- Protección catódica
- Uso de pinturas y recubrimientos
- Correcta selección de materiales resistentes a la corrosión

Las estructuras offshore se encuentran en un medio donde el mantenimiento es difícil, por lo que necesitan tener una vida útil de por lo menos unos 20 años. Por lo tanto, es muy importante seleccionar los sistemas adecuados de protección contra la corrosión y aplicarlos correctamente. En este proyecto, los sistemas de protección contra la corrosión aplicables a una turbina eólica marina de tipo flotante se resumen de acuerdo con las normativas y estándares existentes, como:

- DNVGL-ST-0119 Floating wind turbine structures [12]
- DNVGL-RP-0416 Corrosion protection for wind turbines [13]
- DNV-RP-B401 Cathodic protection design [14]
- UNE-EN ISO 8501 Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos afines. Evaluación visual de la limpieza de las superficies [15]
- UNE-EN ISO 8503 Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos afines. Características de la rugosidad de los sustratos de acero chorreados
- UNE-EN ISO 12944 Pinturas y barnices
- UNE-EN ISO 12495 Protección catódica para estructuras marítimas fijas de acero [16]



1.4.1 ZONAS A PROTEGER

Las áreas propensas a la corrosión que son afectadas por los factores propios del ambiente marino (exposición a la radiación UV, concentración de sales, humedad-tiempo de inmersión) se pueden dividir de acuerdo en 3 tipos (Figura 10): zona atmosférica, zona de salpicaduras y zona sumergida. Debido a que las tasas de corrosión son diferentes en cada una de estas zonas (Tabla 5), las clasificaciones se realizan para seleccionar el método de protección contra la corrosión más adecuado.

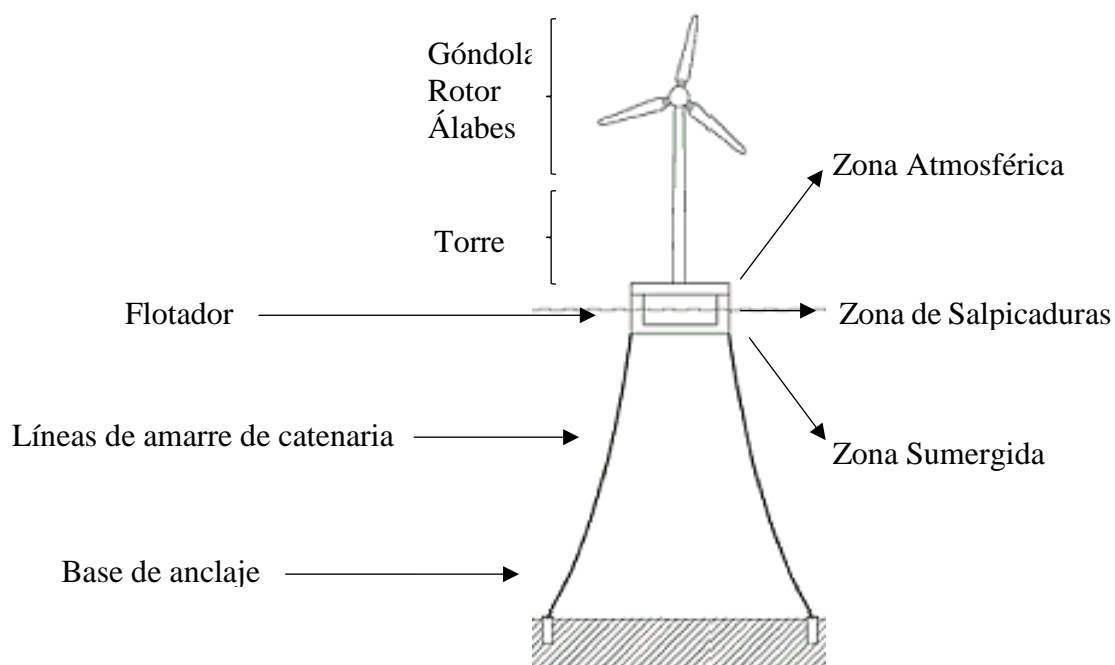


Figura 10 Zonas de corrosión ilustradas en una estructura semisumergible

[12]

Tabla 5 Tasas de corrosión

[3]

AMBIENTE CORROSIVO	TASA DE CORROSIÓN
Zona Atmosférica	0,08-0,2 mm
Zona de Salpicaduras	0,4 mm
Zona Sumergida	0,2 mm



1.4.1.1 ZONA DE SALPICADURAS

La zona de salpicaduras es el área de transición alrededor del nivel de agua que está expuesta intermitentemente al agua de mar debido a la acción de la marea, las olas o ambos. Esta es el área que sufre la corrosión más severa en el entorno marino.

Los materiales utilizados en la zona de salpicaduras están constantemente expuestos a la humedad con un alto contenido de oxígeno disuelto. Debido al poder del agua en las olas, incluso una película protectora gruesa puede dañarse fácilmente. Por lo tanto, es mejor usar aceros pasivos, como el acero inoxidable y el titanio. Como consecuencia, el mantenimiento de los sistemas de recubrimiento en la zona de salpicaduras no es práctico y, por lo tanto, el recubrimiento de las estructuras primarias debe combinarse con un margen de corrosión o también llamado tolerancia de corrosión.

Los sistemas de recubrimiento que se aplican en la zona de salpicaduras se basarán en los materiales que hayan sido calificados por experiencia probada o pruebas relevantes según NORSOK M-501 [17].

1.4.1.2 ZONA SUMERGIDA

La zona sumergida es la parte debajo del nivel de agua en la condición de marea más baja. En esta zona, la corrosión por picaduras y la corrosión por fisuras son los principales problemas. El material en el ambiente marino sufre corrosión por fatiga debido a esfuerzos repetidos. Otro factor importante que causa la corrosión en esta zona son las microincrustaciones que pueden ocurrir debido a lapas y mariscos.

Es obligatorio que las superficies externas de la zona sumergida tengan protección catódica, sin embargo, el uso de recubrimientos es opcional. Estos últimos se pueden recomendar para reducir el peligro de corrosión microbiana (MIC) en ausencia de CP³.

³ Protección catódica, del inglés “Cathodic Protection”.



Los sistemas de protección catódica pueden evitar que la MIC cause problemas relevantes. El uso de recubrimientos con alta resistencia en presencia de bacterias puede proporcionar protección adicional si las condiciones del sitio lo indican.

1.4.2 PROPUESTA DE PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

Se emplearán varios sistemas de protección contra la corrosión dependiendo de la zona a proteger. Las zonas que más nos importan son la de salpicaduras y la sumergida, es decir, aquellas que se encuentran más expuestas a la corrosión marina.

En definitiva, se utilizarán recubrimientos y sistemas de protección catódica por corrientes impresas. Además, se instalará un sistema de protección catódica por ánodos de sacrificio para aquellas zonas en las que las corrientes impresas no sean tan efectivas.

Todas las características de los sistemas de protección utilizados de pueden ver reflejados en el apartado de anexos.



1.5 NORMATIVA

Las normativas y recomendaciones offshore se han basado en las normas de la DNV (Det Norske Veritas) con sede en Oslo, Noruega y centrada en aspectos relacionados con trabajos y elementos situados en el entorno marino.

1.5.1 NORMATIVAS Y RECOMENDACIONES OFFSHORE

A continuación, se especifican las normativas empleadas en las instalaciones existentes en alta mar consistentes en su práctica mayoría en instalaciones de extracción, almacenamiento y refinado de petróleo y gas. Debido a sus diferentes dimensiones y cometidos han de servir meramente como indicadores de las prácticas y metodologías de trabajo en alta mar.

DNV-OS-C201	Structural Design of Offshore Units (WSD Method)
DNV-OS-C401	Fabrication and Testing of Offshore Structures
DNV-OS-C502	Offshore Concrete Structures, Octubre 2010
DNV-OS-D101	Marine and Machinery Systems and Equipment
DNV-OS-D201	Electrical Installations
DNV-OS-D202	Instrumentation and Telecommunication Systems
DNV-OS-E301	Position Mooring, Abril 2009
DNV-OS-E302	Offshore Mooring Chain
DNV-OS-E304	Offshore Mooring Steel Wire Ropes
DNV-RP-B401	Cathodic Protection Design, Abril 2008
DNV-RP-C201	Buckling Strength of Plated Structures
DNV-RP-C204	Design against Accidental Loads, Abril 2005
DNV-RP-C205	Environmental Conditions and Environmental Loads, October 2010.
DNV-RP-E301	Design and Installation of Fluke Anchors in Clay, Mayo 2000.
DNV-RP-E302	Design and Installation of Plate Anchors in Clay, Diciembre 2002.
DNV-RP-E303	Geotechnical Design and Installation of Suction Anchors in Clay, Octubre 2005
DNV-RP-H101	Risk Management in Marine and Subsea Operations, Enero 2003.
DNV-RP-H102	Marine operations during Removal of Offshore Installations, Abril 2004.
DNV-RP-H103	Modelling and Analysis of Marine Operations, Abril 2009.
NACE SP0176	Corrosion Control of Submerged Areas of Permanently Installed Steel Offshore Structures Associated with Petroleum Production



Norsok Standard M-501	Surface preparation and protective coating
Norsok Standard M-503	Cathodic protection

Las dos siguientes normativas pese a hacer referencia a estructuras offshore no han de considerarse para el presente proyecto.

DNV-RP-F205	Global Performance Analysis of Deepwater Floating Structures, Octubre 2010
Classification Notes 30.4 Foundations	

1.5.1 GUÍAS Y RECOMENDACIONES PARA AEROGENERADORES

La energía eólica offshore es todavía una industria relativamente reciente que adolece de una legislación desarrollada a tal efecto.

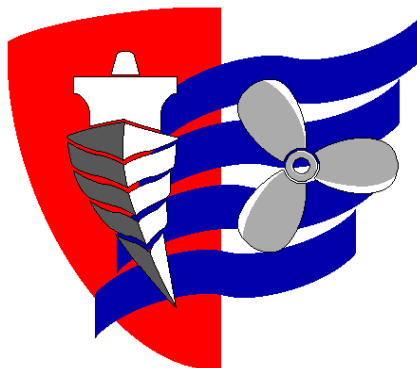
En este proyecto, se indican las normativas y la legislación vigente en Reino Unido descritas en la “Guideline for offshore floating wind turbine structures” del Det Norske Veritas.

A nivel internacional, en el campo de los aerogeneradores offshore se emplean los siguientes estándares:

DNVGL-ST-0119	Floating wind turbine structures
DNV-RP-0416	Corrosion protection for wind turbines
DNV-RP-B401	Cathodic protection design
DNV-OS-J101	Design of Offshore Wind Turbine Structures
DNV-OS-J201	Offshore Substations for Wind Farms
DNV-OS-C301	Stability and watertight integrity
UNE-EN ISO 8501	Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas. Evaluación visual de la limpieza de las superficies.
UNE-EN ISO 8503	Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos afines. Características de la rugosidad de los sustratos de acero chorreados
UNE-EN ISO 12944	Pinturas y barnices
UNE-EN ISO 12495	Protección catódica para estructuras marítimas fijas de acero

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ANEXOS

GRADO EN INGENIERÍA MARÍTIMA



2. ANEXOS

2.1 DETERMINACIÓN DE LA PROTECCIÓN CON RECUBRIMIENTOS

2.1.1 INTRODUCCIÓN

La forma más adecuada de recubrimiento depende del tipo de estructura y su entorno. Las pinturas para estructuras de acero en alta mar deben seleccionarse considerando la impermeabilización y la resistencia química.

Teniendo en cuenta que estas estructuras poseen un tiempo de vida estimado de 20 años y que las actuales pinturas antiincrustantes que se emplean tienen un tiempo de vida muy inferior, la elección de estos recubrimientos no se ha elegido. Además, como ya hemos visto las estructuras marinas están expuestas a diferentes zonas por lo que se opta por un sistema diferente para cada una de ellas que garantice la protección de toda la pieza.

Los recubrimientos y los espesores de película seca se enumeran de acuerdo a las normas NORSOK M-501 y UNE-EN ISO 12944-5 [18] en la Tabla 6.

Tabla 6 Sistemas de recubrimiento de acuerdo a las normas NORSOK M-501 e ISO 12944-5
[19]

ZONA DE CORROSIÓN	NORMAS			
	NORSOK M-501		ISO 12944-5	
	Recubrimiento	DFT	Recubrimiento	DFT
Zona Atmosférica			ZP	60-80 μm
	ZP	60 μm	EP	
	EP	280 μm	PUR	320 μm
			AY	
Zona de Salpicaduras	EP	600 μm	ZP	60-80 μm
Zona Sumergida			EP	1000-2000 μm
		CP	PUR	
ZP: Imprimación rica en Zinc; EP: Epoxi; PUR: Poliuretano; CP: Protección Catódica; AY: Pinturas acrílicas (DFT: Espesor de la película seca)				



En la Tabla 7 podemos observar los sistemas de recubrimiento elegidos en el presente proyecto, basados en las normas:

Tabla 7 Sistemas de recubrimiento seleccionados por el estudio según la zona de corrosión
[19]

ZONA DE CORROSIÓN	SISTEMA DE RECUBRIMIENTO	DFT
Zona Atmosférica	Imprimación de silicato de zinc	70 μm
	2 capas de Epoxi	200 μm
	Capa superior de Polisiloxano	80 μm
Zona de Salpicaduras	Pintura epoxi	1250 μm
	Capa superior de poliuretano	60 μm
Zona Sumergida	2 capas de epoxi	300 μm

Se considera que el silicato de zinc es un método apropiado debido a la acción galvánica del zinc que reduce el proceso de corrosión. Además, el epoxi y el polisiloxano también se consideran opciones factibles para la zona atmosférica de la estructura. A pesar de que los esmaltes poliuretánicos son los más elegidos, los polisiloxanos a pesar de su mayor costo, son la opción económicamente más conveniente debido a que son capaces de resistir mejor a la radiación UV y por ello requieren de menos mantenimiento.

Dada la mayor severidad de la corrosión en la zona de salpicaduras, se requiere que la pintura epoxi tenga un espesor de película seca superior a 1000 μm además de una tolerancia a la corrosión en el acero de la estructura (CA) que se calcula a continuación:

$$CA = (vida\ de\ diseño - X) * 0,4$$

Donde

X=5 para recubrimientos de película delgada

X=10 para recubrimientos de película gruesa (mínimo 1000 μm)

Considerando una vida de diseño de 20 años y X=10:

$$CA = (20 - 10) * 0,4 = 40\ mm$$



En la zona sumergida, se encuentra que una combinación de protección catódica y recubrimiento epóxico es un método adecuado para prolongar la vida útil de diseño, según DNVGL-RP-0416.

2.1.1.1 SUPERFICIE A PROTEGER

Para hacernos una idea de la superficie que tenemos que proteger se ha empleado el software de CAD 3D Autodesk Inventor haciendo una simulación de la estructura (Figura 11) utilizando sus datos técnicos (Tabla 4) obteniendo los siguientes resultados (Tabla 8):



Figura 11 Modelo de la estructura en Autodesk Inventor con herramienta para calcular el área
[Autor]



Tabla 8 Superficie total de las zonas a proteger
[Autor]

ESTRUCTURA	ZONA	SUPERFICIE (m ²)
Columnas	Zona Atmosférica	1480
	Zona Salpicaduras	600
	Zona Sumergida	1800
Refuerzos Entre Columnas	Zona Atmosférica	520
	Zona Sumergida	520
Refuerzos Estructurales	Zona Sumergida	700
Placas Hexagonales	Zona Sumergida	380
SUPERFICIE TOTAL (aprox)= 6000 m²		

De esta manera podemos afirmar que las superficies a proteger con recubrimientos (pinturas) son las siguientes:

ZONA	SUPERFICIE (m ²)
Atmosférica	2000
Salpicaduras	600
Sumergida	3400
Interior Columnas	2800

Este dato junto con el rendimiento teórico del recubrimiento (ficha técnica) nos ayudará a hacer una estimación aproximada de la cantidad de pintura que necesitaremos para proteger a la estructura.

2.1.1.2 ESQUEMA DE PINTADO Y PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

ZONA ATMOSFÉRICA

1º CAPA DE IMPRIMACIÓN 70 µm	HEMPEL's GALVOSIL 15700
2º CAPA DE RECUBRIMIENTO 100 µm	HEMPADUR 45880
2º CAPA DE RECUBRIMIENTO 100 µm	HEMPADUR 45880
3º CAPA DE ESMALTE 80 µm	HEMPAXANE LIGHT 55030



ZONA DE SALPICADURAS

1º CAPA DE IMPRIMACIÓN 50 μm	HEMPADUR 15590
2º CAPA DE RECUBRIMIENTO 400 μm	HEMPADUR MULTI-STRENGTH 45540
2º CAPA DE RECUBRIMIENTO 400 μm	HEMPADUR MULTI-STRENGTH 45540
2º CAPA DE RECUBRIMIENTO 400 μm	HEMPADUR MULTI-STRENGTH 45540
3º CAPA DE ESMALTE 60 μm	HEMPEL'S POLYENAMEL 55102

ZONA SUMERGIDA

1º CAPA DE RECUBRIMIENTO 150 μm	HEMPADUR 45880
2º CAPA DE RECUBRIMIENTO 150 μm	HEMPADUR 45880

Existe otra zona a proteger de la corrosión marina con pinturas y esta es la zona interior de las columnas. Esta misma se emplea para el lastre de la estructura, encontrándose en contacto directo con el agua de mar.

ZONA INTERNA COLUMNAS

1º CAPA DE IMPRIMACIÓN 50 μm	HEMPEL's GALVOSIL 15700
2º CAPA DE RECUBRIMIENTO 125 μm	HEMPADUR 45880
3º CAPA DE RECUBRIMIENTO 125 μm	HEMPADUR 45880

Para poder realizar el esquema de pintado nos basaremos en las recomendaciones del fabricante de pintura HEMPEL. Estas mismas podremos verlas en el ANEXO relativo a las fichas técnicas de las pinturas seleccionadas.

Antes de proceder a la aplicación el recubrimiento protector se deberá preparar adecuadamente la superficie. Para ello, se alisarán o redondearán todos los bordes afilados y soldaduras. Además, se procederá a la eliminación de aceites, grasas y residuos que pudieran encontrarse en la superficie mediante el lavado con detergentes y posterior aclarado con agua dulce a alta presión. Después de realizar estas operaciones se procederá al chorreado abrasivo de la pieza grado Sa 2 ½ conforme a la Norma ISO 8501-1 dejando una rugosidad Grado Medio G, según la Norma ISO 8503-1.



2.2 CÁLCULOS PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTES IMPRESAS

La guía para el diseño de sistemas ICCP⁴ para estructuras offshore se encuentra en las normas NACE SP0176 [20] y UNE-EN ISO 12495 según la DNV.

Los sistemas de corriente impresa proporcionan protección a la estructura de acero mediante su conexión al borne negativo de un generador de corriente continua regulable, tal como un transformador-rectificador, que es el utilizado habitualmente, y mediante el conexionado del terminal positivo de esta fuente de alimentación a un conjunto de ánodos de corriente impresa.

El suministro de corriente eléctrica del transformador-rectificador se controla durante la vida útil estimada del sistema de protección catódica, con el fin de obtener y mantener un nivel de protección potencial adecuada en la totalidad de la superficie de la estructura.

En un sistema de corrientes impresas, la corriente fluye con la siguiente preferencia:

- 1) Desde la unidad de potencia hasta los ánodos a través de los cables aislados
- 2) Desde el ánodo hacia la estructura de acero a través del agua
- 3) Vuelve al rectificador a través del acero y los cables aislados

Básicamente el objetivo de este sistema es controlar continuamente la superficie de la estructura a proteger, en nuestro caso la estructura semisumergible WindFloat, detectando la aparición de corrosión.

Para lograr esto, se emplean unos electrodos de referencia que se extienden por la estructura y que se encargan de medir la diferencia de potencial a lo largo de la superficie de esta. Cuando se capta una diferencia de potencial debido a un fenómeno corrosivo, el equipo activa la inyección de corriente por medio de sus ánodos y la transmite a la zona afectada de la estructura a través de la superficie de esta y del propio

⁴ Protección catódica por corrientes impresas, del inglés “Impressed Current Cathodic Protection”.



medio electrolítico (agua de mar). La corriente inyectada iguala la diferencia de potencial y evita la corrosión.

Los principales elementos que forman parte del sistema son:

- Unidad de control de potencia
- Electrodo de corriente impresa
- Electrodo de referencia

En los parques eólicos con muchas estructuras fabricadas en serie con sistemas de CP idénticos, es suficiente llevar a cabo el estudio de CP solo en unas pocas estructuras representativas, pero los parámetros del rectificador deben verificarse para todas las estructuras y se debe realizar un estudio del potencial si se establece alguna deficiencia.

2.2.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

2.2.1.1 PROTECCIÓN DE LA ESTRUCTURA

2.2.1.1.1 SUPERFICIE A PROTEGER

La superficie a proteger con protección catódica (corrientes impresas y ánodos de sacrificio) se determina empleando el software que anteriormente se mencionaba obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 9 Superficie a proteger con sistemas de protección catódica
[Autor]

ESTRUCTURA	ZONA	SUPERFICIE (m ²)
Columnas	Zona Salpicaduras	600
	Zona Sumergida	1800
Refuerzos Entre Columnas	Zona Sumergida	520
Refuerzos Estructurales	Zona Sumergida	700
Placas Hexagonales	Zona Sumergida	380

Como podemos observar esta superficie corresponde con las zonas sumergidas y de salpicaduras.



2.2.1.1.2 DEMANDA DE CORRIENTE

Los ánodos individuales de corriente impresa transmiten, por lo general, corrientes eléctricas superiores a las de los ánodos galvánicos. La demanda total de corriente eléctrica calculada (I_{tc}) para la protección de una parte o zona de la estructura, se da en la siguiente ecuación:

$$I_{tc} = S \times d$$

Donde

S es el área total de la parte o zona considerada, en metros cuadrados;

d es la densidad de corriente eléctrica de protección que permite la adecuada polarización del acero considerado, en miliamperios por metro cuadrado;

$$I_{tc} = 6000 \times 150 = 900000 \text{ mA} = 900 \text{ A}$$

Para compensar una distribución de corriente menos eficiente (ligada con un número reducido de ánodos), es conveniente que el sistema de protección catódica mediante corriente impresa se diseñe de manera que sea capaz de proporcionar entre 1,25 y 1,5 veces la demanda de corriente necesaria total calculada (I_t).

$$I_t = (1,25 \text{ a } 1,5) \times I_{tc} = 1,5 \times 900 = 1350 \text{ A}$$

A partir de este resultado, se selecciona el equipo de corrientes impresas apropiado, en función de la capacidad de corriente que debe tener. En el mercado se encuentra la unidad de potencia Thyristor del fabricante CATHELCO diseñada para sistemas de más de 1000 A. Es por esto lo que se decide emplear 2 unidades para suplir la demanda de corriente necesaria (1350A) para proteger a la estructura.



2.2.1.1.3 MATERIAL, GEOMETRÍA Y NÚMERO DE ÁNODOS

Las características electroquímicas típicas de los ánodos de corriente impresa comúnmente utilizados son (Tabla 10):

Tabla 10 Características electroquímicas de los ánodos de corriente impresa
[16]

<i>Materiales</i>	<i>Velocidad De Consumo (g/Ay)</i>	<i>Densidad De Corriente (A/m²)</i>	<i>Tensión (V)</i>
Titanio platinizado	0,004 a 0,001	500 a 3000	8
Niobio platinizado	0,004 a 0,001	500 a 3000	50
Tántalo platinizado	0,004 a 0,001	500 a 3000	100
Óxido metálico mixto	0,0006 a 0,006	400 a 1000	8
Aleación plata/plomo	25 a 100	250 a 300	24
Cromosilicio de hierro	250 a 500	10 a 30	50

Los sistemas empleados en la industria offshore requieren funcionar a una alta densidad de corriente y, por lo tanto, se hace necesaria su distribución. Para cumplir con este propósito se eligen las formas cilíndricas en ánodos.

De esta forma, se han elegido los ánodos de disco de TELPRO. Son ánodos mixtos de óxido metálico (MMO/Ti) disponibles en diámetros de 150 y 300 mm con una densidad de corriente recomendada de 600A/m².

El número requerido de ánodos para satisfacer la demanda de se calcula de la siguiente manera:

$$N = \frac{I_t}{A \times j}$$

Donde

I_t es la demanda total de corriente eléctrica calculada

A es el área del ánodo

j es la máxima densidad de corriente recomendada



Entonces el número necesario de ánodos de corriente impresa será:

$$N = \frac{1350}{0,3 \times 600} = 9 \text{ ánodos}$$

2.2.1.1.4 ESPECIFICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE EQUIPOS

Para esta estructura se selecciona un sistema de corrientes impresas formado por:

- Unidad de control de potencia de CATHELCO Thyristor
- Ánodos de corriente impresa TELPRO 300 mm
- Electrodo de referencia CATHWELL RSH electrode

2.2.1.1.4.1 Unidad de control de potencia

Es conveniente que el transformador rectificador, o generador regulable de corriente continua, sea capaz de suministrar una intensidad igual o superior a I_t . Tiene que ser capaz de suministrar una cantidad de corrientes suficiente para mantener el potencial acero/agua de mar/electrodo de referencia dentro de los límites del rango de diseño.

Anteriormente se ha calculado la demanda de corriente necesaria para proteger la estructura y esto nos daba un valor de $I_t = 1350 \text{ A}$. El equipo elegido para cumplir con tal fin es el Thyristor de CATHELCO.



THYRISTOR

- Para sistemas ICCP de más de 1000 A
- Rendimiento fiable con mínimo mantenimiento
- Combina salidas de visualización computarizadas, alarmas y transferencia de información
- Fácil adaptación a las necesidades del cliente

Figura 12 Panel de control Thyristor de CATHELCO

[21]



2.2.1.1.4.1 Ánodos de corriente impresa y Electroodos de referencia

Estos elementos, que forman parte del sistema de protección catódica por corrientes impresas, se han elegido en base a la experiencia en otras instalaciones. Es por esto por lo que se han elegido los siguientes productos:

TELPRO Disc Anodes

- Fabricados con titanio y recubiertos con Óxido metálico mixto. El recubrimiento de MMO⁵ consiste en IrO₂/Ta₂O₅.
- Tasa de consumo extremadamente baja.
- Diámetros estándar de 150 mm y 300 mm
- Máxima densidad de corriente (en agua de mar) 600A/m².
- Vida útil 20 años.



Electrodo RSH

- Electrodo de referencia de zinc
- Precisión +/- 30 mV
- Pernos internos
- Encapsulado de neopreno
- Totalmente empotrado (resistencia mecánica)
- Calidad S355J2G3 o equivalente



*Figura 13 Características de los productos de TELPRO y CATHWELL
[22],[23]*

⁵ Del inglés Mixed Metal Oxide, es decir, óxido metálico mixto.



2.3 CÁLCULOS PROTECCIÓN CATÓDICA POR ÁNODOS DE SACRIFICIO

2.3.1 INTRODUCCIÓN

La protección catódica (CP) se puede definir como: Protección eletroquímica obtenida por disminución del potencial de corrosión a un nivel en el que la velocidad de corrosión del metal se reduce de manera significativa [2].

Esta protección se localizará en la zona sumergida en conjunto con la protección catódica por medio de corrientes impresas, como ya se ha mencionado anteriormente.

2.3.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

La normas DNV-RP-B401 y Norsok M-503 [24] proporcionan requisitos y pautas para el diseño de protección catódica, la fabricación de ánodos y su instalación. Como consecuencia, serán éstas las empleadas para realizar el diseño sobre la protección contra la corrosión por ánodos de sacrificio de la estructura.

2.3.2.1 VIDA ÚTIL

La vida de diseño que se propone para la protección catódica será la misma que la de la estructura, es decir, 20 años.

2.3.2.2 DENSIDAD DE CORRIENTE

La densidad de corriente i_c se refiere a la corriente de protección catódica por unidad de superficie (A/m^2). Las densidades de corriente se utilizan para calcular las demandas que determinan el número y el tamaño de los ánodos.

La norma DNV nos presenta un cuadro en el que en función de la profundidad y la temperatura del agua de mar [25] en el que se va a instalar la estructura, podemos conocer las densidades de corriente recomendadas. De esta forma, teniendo en cuenta los factores anteriores:



Tabla 11 Densidades de corriente promedio(A/m²) recomendadas por la norma DNV-RP-B401
[14]

<i>PROFUNDIDAD (m)</i>	<i>SUB-TROPICAL (12-20°C)</i>
0-30	0,080

El efecto de cualquier recubrimiento sobre la demanda de corriente se toma en cuenta al aplicar un factor de descomposición. Este factor, f_c , describe la reducción anticipada de corriente catódica debido a la aplicación del recubrimiento y es función de las propiedades, el entorno y la duración del recubrimiento.

El factor de descomposición del recubrimiento no debe confundirse con la degradación de este. Es decir, un recubrimiento que muestre ampollas puede conservar buenas propiedades de aislamiento eléctrico, sin embargo, una superficie recubierta aparentemente perfecta puede permitir un paso significativo de la corriente.

f_c puede expresarse de la siguiente forma:

$$f_c = a + b \times t$$

Donde

t es la vida útil de diseño

a y b son constantes que dependen del recubrimiento y del ambiente

Tabla 12 Valores de a y b en función de la profundidad según norma NORSOK M-503
[24]

<i>PROFUNDIDAD (M)</i>	a	b
0-30	0,02	0,012

Como la estructura semisumergible tiene un calado de 22,9 m se utilizarán los valores a y b correspondientes a la primera fila de la Tabla 12.

Entonces:

$$f_c = a + b \times t = 0,02 + 0,012 \times 20 = 0,26$$



Cuando $f_c=0$, el recubrimiento es 100% aislante eléctricamente disminuyendo así la densidad de corriente catódica a 0. Sin embargo, cuando $f_c=1$ significa que el recubrimiento no tiene propiedades reductoras de corriente.

Una vez quedan definidos a y b se calculan los factores de descomposición del recubrimiento medio y final, f_{cm} y f_{cf} respectivamente, que se utilizarán para el diseño de la protección catódica. Para ello, se aplican las siguientes ecuaciones:

$$f_{cm} = a + b \times \frac{t_f}{2} = 0,02 + 0,012 \times \frac{20}{2} = 0,14$$

$$f_{cf} = a + b \times t_f = 0,02 + 0,012 \times 20 = 0,26$$

El uso de recubrimientos reduce drásticamente la demanda de corriente de protección catódica y, por lo tanto, el peso del ánodo requerido. Para estructuras sensibles al peso con una larga de diseño la combinación de un recubrimiento y CP proporciona un control de corrosión más rentable. Es por esto por lo que se elige esta opción.

2.3.2.3 MATERIALES DE LOS ÁNODOS GALVÁNICOS

Para calcular la salida de corriente del ánodo de diseño y la masa neta requerida del ánodo (utilizando las leyes de Ohm y de Faraday) se emplean dos parámetros de diseño de protección catódica:

- Capacidad electroquímica de diseño, ε (Ah/kg)
- Potencial del ánodo en circuito cerrado, E_a° (V)

Tabla 13 Recomendaciones de capacidad electroquímica y de potencial de circuito cerrado según DNV-RP-B401
[14]

TIPO DE ÁNODO	AMBIENTE	ε (Ah/kg)	E_a° (V)
Base Aluminio	Agua de Mar	2000	-1,05
	Sedimentos	1500	-0,95
Base Zinc	Agua de Mar	780	-1,00
	Sedimentos	700	-0,95



2.3.2.4 RESISTENCIA DEL ÁNODO

Dependiendo del tipo de ánodo la norma DNV nos facilita unas fórmulas para poder realizar el cálculo de la resistencia del ánodo R_a (Ω). La norma distingue entre ánodos stand-off, flush mounted y bracelet u otros tipos (Figura 14).



Figura 14 De izquierda a derecha: ánodos tipo stand-off y flush mounted, respectivamente [26]

Los ánodos que vamos a emplear para proteger a la estructura son del tipo flush mounted, por lo que las fórmulas serán:

- Para flush mounted largos $R_a = \frac{\rho}{2 \times s}$

Donde

ρ es la resistividad del agua de mar

S es la media aritmética de la longitud y ancho del ánodo



2.3.2.5 RESISTIVIDAD DEL AGUA DE MAR

La resistividad del agua de mar, ρ (Ωm), es función de la salinidad del agua de mar y de su temperatura. En mar abierto, la salinidad no varía significativamente y la temperatura es el factor principal.

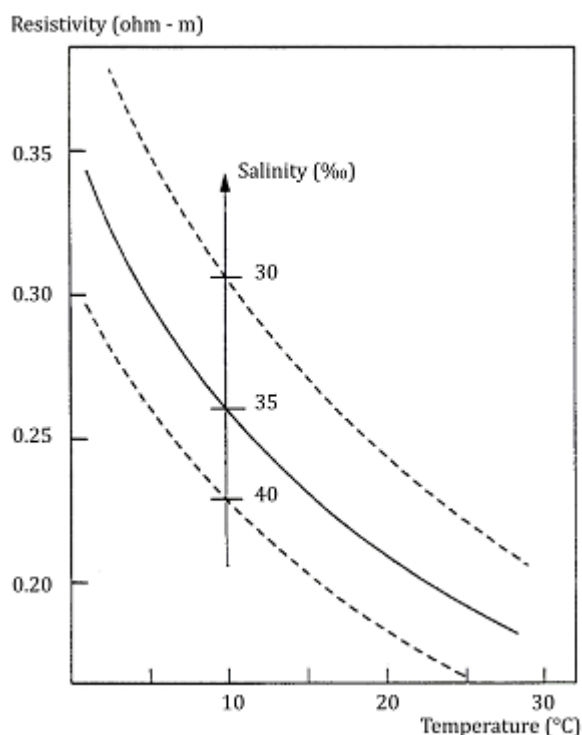


Figura 15 Relación entre la resistividad y la temperatura a una salinidad de 30 a 40 ‰
[14]

Conociendo que la temperatura del mar cantábrico varía dependiendo de la estación, aproximadamente en verano es de 22°C y en invierno de 10°C [25] y que la salinidad del mar que es de 36 PSU⁶ (Unidades Prácticas de Salinidad o partes por mil ‰) se escoge como dato de la resistividad un valor aproximado de 0,25 Ωm .

⁶ Del inglés “Practical Salinity Units”.



2.3.2.6 FACTOR DE UTILIZACIÓN DEL ÁNODO

El factor de utilización del ánodo, u , es la fracción de material del ánodo con un diseño específico que puede emplearse para calcular la masa neta necesaria para mantener la protección durante toda la vida útil de un sistema de CP.

Cuando un ánodo se consume hasta su factor de utilización, la capacidad de polarización se vuelve impredecible debido a la pérdida de soporte o al rápido aumento de la resistencia debido a otros factores.

Tabla 14 Factores de utilización recomendados según DNV-RP-B401 para ánodos flush mounted
[14]

TIPO DE ÁNODO	FACTOR DE UTILIZACIÓN DEL ÁNODO
Flush mounted	0,85

El factor de utilización depende del diseño del ánodo, particularmente de sus dimensiones y de la ubicación de sus núcleos.

2.3.3 PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO Y CÁLCULO

2.3.3.1 CÁLCULOS DE SUPERFICIE

Las áreas a proteger para cada unidad de protección catódica pueden calcularse por separado (Tabla 15). Es por esto por lo que se hará el cálculo de los refuerzos estructurales y las placas de retención de agua hexagonales, es decir, aquellas zonas en las que la protección por corrientes impresas podría no ser la adecuada.

Tabla 15 Superficie a proteger de la corrosión con ánodos de sacrificio
[Autor]

ESTRUCTURA	ZONA	SUPERFICIE (M ²)
Refuerzos Entre Columnas	Zona Sumergida	520
Refuerzos Estructurales	Zona Sumergida	700
Placas Hexagonales	Zona Sumergida	380



2.3.3.2 CÁLCULOS DE DEMANDA DE CORRIENTE

Para calcular la demanda de corriente, I_c (A), necesaria para proporcionar una capacidad de polarización adecuada y mantener la protección catódica durante la vida de diseño, se realizará de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$I_c = A_c \times i_c \times f_c$$

Donde

A_c son las superficies individuales de cada unidad de CP

i_c es la densidad de corriente de diseño

f_c es el factor de descomposición del recubrimiento

Entonces la demanda de corriente será:

$$I_c \text{ refuerzos} = A_c \text{ refuerzos} \times i_c \times f_c = (520 + 700) \times 0,08 \times 0,26 = 25 \text{ A}$$

$$I_c \text{ placas} = A_c \text{ placas} \times i_c \times f_c = 380 \times 0,08 \times 0,26 = 8 \text{ A}$$

2.3.3.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE ÁNODO

Se sabe que existen tres tipos de ánodos, pero el estándar actual considera ánodos de aluminio y zinc. Los límites de composición química de los ánodos basados en Al y Zn son (Tabla 16):

Tabla 16 Composición química de los ánodos de aluminio según la Norma DNV -RP-B401

[14]

ELEMENTO	BASE Zn	BASE Al
Zn	Restante	2,5-5,75
Al	0,10-0,50	Restante
In	na	0,015-0,040
Cd	$\leq 0,07$	$\leq 0,002$
Si	na	$\leq 0,12$
Fe	$\leq 0,005$	$\leq 0,09$
Cu	$\leq 0,005$	$\leq 0,003$
Pb	$\leq 0,006$	na



Para conocer el tipo de material base del ánodo que emplearemos para hacer el cálculo de la protección catódica, nos basaremos en diferentes aspectos como:

- La tasa de consumo, pues se considera un dato importante a la hora de diseñar, debido a que necesitamos que la protección nos dure el mayor tiempo posible:

Tabla 17 Comparativa de las tasas de consumo entre ánodos de zinc y aluminio
[27]

	<i>TASA DE CONSUMO (kg/año)</i>
ZINC	11,2
ALUMINIO	3,3

- El peso requerido, la capacidad del aluminio es aproximadamente 3,5 veces mayor que la del zinc por lo que se demanda menos peso para los ánodos de aluminio.
- Costes de material, que implican un gasto considerablemente menor en los ánodos de aluminio.

Como consecuencia de lo anterior, se emplearán para el cálculo los ánodos de aluminio.

2.3.3.4 MASA

La masa neta total del ánodo, m_a (kg), requerida para mantener la protección catódica a lo largo de la vida útil de diseño, t_f (años), se calcula a partir de I_c (A) para cada unidad objeto de protección:

$$m_a \text{ refuerzos} = \frac{I_c \text{ refuerzos} \times t_f \times 8760}{u \times \varepsilon} = \frac{25 \times 20 \times 8760}{0,85 \times 2000} = 2577 \text{ kg}$$

$$m_a \text{ placas} = \frac{I_c \text{ placas} \times t_f \times 8760}{u \times \varepsilon} = \frac{8 \times 20 \times 8760}{0,85 \times 2000} = 825 \text{ kg}$$



2.3.3.5 NÚMERO

El tipo de ánodo seleccionado (Al), número (N), dimensiones y masa neta, m_a (kg), se definirán para cumplir con los requisitos:

- Salida de corriente inicial-final I_{ci} / I_{cf} (A)
- Capacidad del corriente del ánodo C_a (Ah)

Según la norma el tamaño preliminar de los ánodos se debe basar en productos disponibles comercialmente. Para ello, se han escogido los siguientes [28]:

TIPO	DIMENSIONES (mm)	ALMA (mm)	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)
	L x (W1+W2) x H			
YX-AL-S01	2300 x (220+240) x 230	2500	294	310
YX-AL-S04	900 x (150+170) x 160	1100	55	58

El modelo YX-AL-S01 se empleará para los refuerzos entre columnas y estructurales que se encuentran en la zona sumergida y de salpicaduras de la estructura y el YX-AL-S04 por su parte, se utilizará en las placas hexagonales.

La salida de corriente de un ánodo, I_a (A), requerida para satisfacer la demanda de corriente, I_c (A), se calcula a partir de la Ley de Ohm:

$$I_a = \frac{(E_c^\circ - E_a^\circ)}{R_a}$$

Donde

E_c° es el potencial de protección de diseño

E_a° es el potencial de diseño de circuito cerrado

R_a es la resistencia del ánodo



De esta manera la salida de corriente del ánodo dependiendo de la zona a proteger quedaría de la siguiente manera donde $E_c^\circ = -0,8$ (según DNV) y $E_a^\circ = -1,05$ (Tabla 13):

$$I_a \text{ refuerzos} = \frac{(E_c^\circ - E_a^\circ)}{R_a} = \frac{(-0,8 - (-1,05))}{\frac{0,25}{2 \times 5}} = \frac{0,25}{\frac{0,25}{2 \times \frac{2,3 + 0,24}{2}}} = 2,54 \text{ A}$$

$$I_a \text{ placas} = \frac{(E_c^\circ - E_a^\circ)}{R_a} = \frac{(-0,8 - (-1,05))}{\frac{0,25}{2 \times 5}} = \frac{0,25}{\frac{0,25}{2 \times \frac{0,9 + 0,17}{2}}} = 1,07 \text{ A}$$

Para conocer el número de ánodos a instalar nos basamos en la fórmula siguiente obteniendo:

$$I_c = N * I_a \rightarrow N = \frac{I_c}{I_a}$$

$$N \text{ ánodos en refuerzos} = \frac{I_c \text{ refuerzos}}{I_a \text{ refuerzos}} = \frac{25}{2,54} = 9 \text{ ánodos}$$

$$N \text{ ánodos en placas} = \frac{I_c \text{ placas}}{I_a \text{ placas}} = \frac{8}{1,07} = 6 \text{ ánodos}$$

La capacidad de corriente de un ánodo, C_a (Ah), viene dada por:

$$C_a = m_a \times \varepsilon \times u$$

Donde

m_a es la masa neta por ánodo

ε es la capacidad electroquímica de diseño

u es el factor de utilización del ánodo



Como conocemos todos estos datos, entonces:

$$C_a \text{ refuerzos} = m_a \times \varepsilon \times u = 294 \times 2000 \times 0,85 = 500000 \text{ Ah}$$

$$C_a \text{ placas} = m_a \times \varepsilon \times u = 55 \times 2000 \times 0,85 = 93500 \text{ Ah}$$

La capacidad total de corriente se calculará:

$$C_a \text{ total refuerzos} = N \times C_a = 14 \times 500000 = 7000000 \text{ Ah}$$

$$C_a \text{ total placas} = N \times C_a = 10 \times 93500 = 935000 \text{ Ah}$$

2.3.3.6 DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN

La ubicación de todos los ánodos se mostrará en los planos. Estos deben colocarse con suficiente espacio entre sí para evitar efectos de interacción que reduzcan la salida de corriente útil.



2.4 ANEXO CATÁLOGOS HEMPEL

ÍNDICE

HEMPEL'S GALVOSIL 15700	53
HEMPADUR MASTIC 45880	54
HEMPAXANE LIGHT 55030.....	56
HEMPADUR 15590	57
HEMPADUR MULTI-STRENGTH 45540	59
HEMPEL'S POLYENAMEL 55102	60



2.4.1 HEMPEL'S GALVOSIL 15700

Ficha Técnica HEMPEL'S GALVOSIL 15700



15700: líquido 15709: HEMPEL'S ZINC METAL PIGMENT 97170/97140

Descripción	Silicato inorgánico de zinc autocurable de dos componentes, que contiene disolventes. Tiene una buena resistencia a la intemperie y a la abrasión. Así como una excelente resistencia química con un pH promedio entre 6-9. Ver temperaturas de servicio. Aplicable a pistola sin aire. Proporciona protección catódica sobre los daños mecánicos. Hempel's Zinc pigmento metálico 97170 está total conformidad con la ISO 3549 y con la ASTM D520 tipo II.
Uso recomendado:	1. Como imprimación general contra la corrosión 2. Para la protección a largo plazo del acero expuesto a ambientes moderados o fuertemente corrosivos y/o sometido a abrasiones 3. Para protección de interiores de tanques y depósitos
Temperatura de servicio:	Resistente a temperaturas secas permanentes (no cíclicas), así como a picos ocasionales de como máximo: 500°C. Resistente a temperaturas secas cíclicas hasta 400°C Otra información - Ver OBSERVACIONES al dorso..
Certificados:	Conforme con SSPC-Pintura 20, tipo 1, nivel 1, y ISO 12944-5 Comprobado de acuerdo a la sección 175.300 del "Code of Federal Regulations Title 21 - Liquid Foodstuff". Para detalles consultar a Hempel. Meet requirements to friction surface class B when tested according to Annex G: "Test to determine slip factor" of EN 1090-2
Disponibilidad	Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación
DATOS TÉCNICOS:	
Colores	19840 / Gris metálico
Acabado	Mate
Volumen de sólidos, %:	64 ± 1
Rendimiento teórico:	12.8 m ² /l [513.3 sq.ft./US gallon] - 50 micras.
Punto de inflamación	14 °C [57.2 °F]
Peso específico	2.7 kg/ltr [22.2 lb/gal EE. UU.]
Secado superficial	0.5 hora(s) 20°C (60-75% RH)
Seco en profundidad:	45 minuto(s) 20°C
Curado completo	16 hora(s) 20°C y mínimo 65% RH (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Contenido en COV:	434 g/l [3.6 lb/gal EE. UU.]
Estabilidad de almacenaje:	6 meses , 25°C para BASE y el HEMPEL'S ZINC METAL PIGMENT, 3 años (almacenado en contenedor cerrado) desde el momento de fabricación. La vida útil del producto depende de la temperatura de almacenamiento. El tiempo de vida se reduce en temperaturas superiores a: 25°C. No conservar a temperaturas superiores a: 40°C. Se ha sobrepasado la vida útil del producto si el líquido se ha gelificado o si la el producto mezclado se gelifica antes de la aplicación. <i>Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.</i>
DETALLES DE APLICACIÓN:	
Versión, producto mezclado:	15700
Proporción de mezcla:	líquido 15709: HEMPEL'S ZINC METAL PIGMENT 97170/97140 3.1 : 6.9 en peso
Método de aplicación:	Pistola airless / Pistola de aire / Brocha (parcheos)
Diluyente (vol. máx.):	[08700 y/o 0870M (30%) Ver INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN]/ 08700 (50%) / 08700 (10%)
Vida de la mezcla:	4 hora(s) 20°C
Boquilla:	0.019 - 0.023 "
Presión:	100 bar [1450 psi] (Los datos de pistola airless son indicativos y sujetos a ajustes)
Limpieza de utensilios:	HEMPEL'S THINNER 08700
Espesor recomendado, seco:	50 micras [2 mils] Ver INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN
Espesor recomendado, húmedo:	75 micras [3 mils]
Intervalo de repintado, min	De acuerdo con las INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN.
Intervalo de repintado, max.	De acuerdo con las INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN.
Seguridad:	Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.

PREPARACION DE SUPERFICIE: Elimine exhaustivamente el aceite, la grasa, etc. con un detergente adecuado. Elimine las sales y otros contaminantes con agua dulce a alta presión. Chorro abrasivo con abrasivo angular hasta mínimo Sa 2½ (ISO 8501-1:2007) con un perfil de rugosidad equivalente al Rugotest N° 3, BN10, Keane-Tator Comparator 3,0 G/S o ISO Comparator grado de rugosidad medio (G). En caso de acero nuevo expuesto a un ambiente corrosivo agresivo (industrial) y sin requisitos extraordinarias durante su vida útil, puede ser suficiente un grado de preparación de superficie de SSPC-SP6.
Ver INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN y ESPECIFICACIONES DE PINTADO correspondientes a tanques de carga.



CONDICIONES DE APLICACIÓN:	La superficie debe estar completamente limpia y seca en el momento de la aplicación y la temperatura debe ser superior al punto de rocío para evitar la condensación. En un rango de temperaturas desde 0°C a 40°C, el curado necesita una humedad relativa mínima de 65% y es significativamente retardado a bajas temperaturas. El curado se retrasa con bajas temperaturas y bajas humedades. En espacios confinados, proporcionar una ventilación adecuada durante la aplicación y el secado. Ver INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN
CAPA SUBSIGUIENTE:	Como recubrimiento de tanques: Ninguna, es decir, que no se aceptan otras pinturas en combinación con el producto. De cualquier modo, de acuerdo con la especificación.
OBSERVACIONES:	Local adjustments: Local conditions (e.g. application equipment, climatic application conditions) may require local adjustments in solvent composition, degree of pre-thinning and degree of pre-hydrolysis for the primer as supplied. As such adjustments may influence flash point, Hempel's quality control system requires separate product numbers and Material safety Data Sheets to be issued, even though the adjustments have no influence on the properties and performance of the final and cured primer film. The following product numbers represent such adjustments: HEMPEL GALVOSIL 1570K
Temperaturas de servicio:	Temperatura de servicio en inmersión, agua no salina: máx 60°C Temperatura de servicio en inmersión, otros líquidos: Consultar la CARGO PROTECTION GUIDE El lavado con agua caliente de mar (a baja presión) o vaporizada no se debería realizar en tanques que no han estado en servicio al menos un mes. Póngase en contacto con HEMPEL para consultar la temperatura aprobada.
Espesor de película/dilución:	Dilución: Un disolvente especial está disponible para aplicación a altas temperaturas. Usar HEMPEL'S THINNER 08740 HEMPEL'S THINNER 0870M can be used to accelerate curing. (Ver INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN) HEMPEL'S THINNER 0870M is not allowed to be used inside tanks. HEMPEL'S GALVOSIL 15700 Es únicamente para uso profesional.
Nota:	
EDITADA POR:	HEMPEL A/S

1570019840

2.4.2 HEMPADUR MASTIC 45880

Ficha Técnica HEMPADUR MASTIC 45880



45880: BASE 45889: CURING AGENT 95880

Descripción	HEMPADUR MASTIC 45880 es un recubrimiento epoxi de capa gruesa de dos componentes con aducto de poliamida y de elevado contenido en sólidos. Forma una película dura y tenaz con excelentes propiedades de humectación. Cura a bajas temperaturas.
Uso recomendado:	- Como autoimprimación, sobre superficies no preparadas óptimamente o como capa intermedia o de acabado cuando se requiere un sistema de elevadas prestaciones con un bajo contenido en COV y un elevado grosor de capa. - Recubrimiento muy versátil para especificaciones de mantenimiento incluyendo tanques de lastre y acero nuevo donde no se precise un producto más específico. - Puede especificarse cuando se requieren unos intervalos amplios de repintado para acabados con poliuretano. Puede utilizarse directamente sobre silicato de zinc (GALVOSIL) o superficies metalizadas para minimizar la aparición de burbujas. - Como acabado cuando el factor estético no es relevante.
Temperatura de servicio:	Máximo, exposición en seco: 120°C.
Certificados:	Según especificación Aramco APCS1, APCS12, APCS26 y 26T Comprobado de acuerdo a la sección 175.300 del "Code of Federal Regulations Title 21 - Dry Foodstuff". Para detalles consultar a Hempel. Cumple con la European Fire Standard EN 13501-1; classification B-s1, d0. Comprobado como no contaminante de cargas de grano por el Newcastle Occupational Health, Gran Bretaña. Aprobado como retardante del fuego cuando se usa como parte de un sistema previamente definido. Consulte "Declaration of Conformity" en www.Hempel.com para más detalles. Cumple con la Directiva EU 2004/42/EC subcategoría j.
Disponibilidad	Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación
DATOS TÉCNICOS:	
Colores	12170* / Gris. (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Acabado	semi brillante
Volumen de sólidos, %:	80 ± 1
Rendimiento teórico:	6.4 m ² /l [256.6 sq.ft./US gallon] - 125 micras.
Punto de inflamación	25 °C [77 °F]
Peso específico	1.5 kg/ltr [12.1 lb/gal EE. UU.]
Secado al tacto	3 hora(s) 20°C
Curado completo	14 día(s) 10°C
Contenido en COV:	216 g/l [1.8 lb/gal EE. UU.]
Estabilidad de almacenaje:	3 años para la BASE y 3 años (25°C) para el CURING AGENT desde la fecha de fabricación. * Extensa gama de colores disponible mediante HEMPEL MULTI-TINT

Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.



DETALLES DE APLICACIÓN:

Versión, producto mezclado:	45880
Proporción de mezcla:	BASE 45889: CURING AGENT 95880 3 :1 en volumen
Método de aplicación:	Pistola airless / Brocha
Diluyente (vol. máx.):	< 5% HEMPEL'S THINNER 08450, en función del propósito (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Vida de la mezcla (Pistola sin aire):	1 hour 20°C
Vida de la mezcla (Brocha):	2 hora(s) 20°C
Boquilla:	0.017 - 0.023 " (De acuerdo con las INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN.)
Presión:	250 bar [3625 psi]
Limpieza de utensilios:	HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610
Espesor recomendado, seco:	125 micras [5 mils] (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Espesor recomendado, húmedo:	150 micras [6 mils]
Intervalo de repintado, min	Ver OBSERVACIONES al dorso.
Intervalo de repintado, max.	Ver OBSERVACIONES al dorso.

Seguridad: Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.

PREPARACION DE SUPERFICIE: **Acero nuevo:** Chorro abrasivo hasta mínimo Sa 2½ (ISO 8501-1:2007) con un perfil de rugosidad equivalente al Rugotest n°3, N9a a N10, preferiblemente BN9a a BN10, Keane-Tator Comparator, 2,0 G/S o ISO Comparator, medio (G).
Superficies pintadas con silicato de cinc o metalizadas por proyección: Elimine el aceite y la grasa con un detergente adecuado. Elimine la sal y otros contaminantes con agua dulce (a alta presión). Las sales de zinc (óxido blanco) deben eliminarse con agua dulce a alta presión, combinado si fuese necesario con cepillos duros de nylon. Se recomienda repintar las superficies metalizadas tan pronto como sea posible para evitar la contaminación.
Hormigón: Retire el agente desmoldeante y demás contaminantes con agentes emulsionantes seguido de un aclarado con agua dulce a presión. Elimine la lechada de fraguado y los materiales sueltos hasta conseguir una superficie dura, rugosa y uniforme, preferiblemente mediante chorreado abrasivo, posibles otro métodos como la preparación mecánica o el baño en ácidos. Sellar la superficie con una selladora adecuada según especificación.
Reparación y mantenimiento: Elimine exhaustivamente el aceite, la grasa, etc. con un detergente adecuado. Elimine las sales y otros contaminantes con agua dulce a alta presión. Trate adecuadamente las áreas dañadas mediante limpieza mecánica a un mínimo de St2 (reparaciones localizadas) o por chorro abrasivo a un mínimo de Sa2, preferentemente Sa2 ½ (ISO 8501-1:1988). Una buena preparación de la superficie favorecerá al rendimiento. Como alternativa a la limpieza en seco, utilizar waterjetting a una capa en buen estado y/o al acero. La capa intacta debe aparecer con una superficie rugosa después de la aplicación del agua a presión. Al aplicar agua a presión al acero, la limpieza será: Wa 2-Wa 2½ (exposición atmosférica)/mínimo Wa 2½ (inmersión) (ISO 8501-4:2006). Grado de reoxidación (flash rust) aceptable antes de la aplicación: M máximo (exposición atmosférica)/M, preferiblemente L (inmersión) (ISO 8501-4:2006).
Lijar los bordes de pintura antigua. Elimine los residuos. Parchee la superficie hasta el espesor especificado. En superficies con corrosiones profundas localizadas, las cantidades excesivas de restos de sales pueden requerir chorreado con agua a alta presión (water jetting) ó chorreado abrasivo húmedo. Alternativamente, se puede realizar un chorreado abrasivo seco, seguido de agua dulce a alta presión, dejar secar y, finalmente, chorro abrasivo seco de nuevo.

CONDICIONES DE APLICACIÓN: Aplíquelo únicamente sobre una superficie limpia y seca con una temperatura superior al punto de rocío para evitar condensación. Usar solo donde aplicación y curado puedan tener lugar a temperaturas por encima de: - 5°, preferiblemente superior a 0°C. La temperatura de la pintura debe ser de 15 °C o superior. En espacios confinados, proporcionar una ventilación adecuada durante la aplicación y el secado.

CAPA PRECEDENTE: Ninguna, o según especificación.

CAPA SUBSIGUIENTE: Ninguna, o según especificación.

OBSERVACIONES:

VOC - Directiva EU 2004/42/EC:

Producto	Suministrado	5 vol. % thinning	Fase límite II, 2010
4588012170	216 g/l	248 g/l	500 g/l

Para el COV de otros colores, consultar la Ficha de Seguridad.

Temperaturas de servicio: La tendencia natural de revestimientos epoxi en el exterior como el caleo y a volverse más sensibles a daños mecánicos y a la exposición química a elevadas temperaturas está también presente en este producto.

APLICACIÓN(ES): Aplicación sobre silicato de zinc o superficies metalizadas (dilución): Se recomienda aplicar la pintura utilizando el procedimiento "mist coat" si la temperatura de la pintura es aproximadamente superior a: 20°C. Aplicar una capa fina sin diluir (mist coat) y después de unos minutos aplicar una segunda capa hasta obtener el espesor final especificado Si la temperatura de la pintura es inferior a: 20°C, puede requerir disolución (máx. 15%).

ESPESOR DE PELÍCULA/ DILUCIÓN: Puede especificarse a otro espesor de película del especificado dependiendo del propósito y área de uso. Esto alterará el rendimiento y puede influenciar al tiempo de secado y al intervalo de repintado. El rango de espesor seco es: 100-200 micras/4-8 mils. Puede especificarse a un espesor de película inferior lo que significa que se requiere dilución adicional. Ver INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN adjuntas. **Evitar la aplicación de espesores de película excesivos.**

Tonalidades El producto está también disponible en Óxido de Hierro Micáceo (MIO) tonalidad pigmentada (color gris rojizo 12430). Este producto está disponible en diversos tonos de pigmentos de aluminio con diferente volumen de sólidos.

Repintado Intervalos de repintado según las condiciones de exposición: Si se sobrepasa el intervalo máximo de repintado, conferir rugosidad a la superficie para asegurar la adherencia entre capas. Si la superficie ha estado expuesta a ambientes contaminados, se debe limpiar adecuadamente con agua dulce a alta presión y dejar secar antes de repintar.

Una especificación anula y sustituye a las indicaciones de repintado en la tabla.



Medio ambiente	Atmosférica, media.					
Temperatura de la superficie:	0°C (32°F)		10°C (50°F)		20°C (68°F)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
HEMPADUR	54 h	Ext.	18 h	Ext.	6 h	Ext.
HEMPATEX	54 h	4.5 d	18 h	36 h	6 h	12 h
HEMPATHANE	54 h	Ext.	18 h	Ext.	6 h	Ext.
Medio ambiente	Inmersión					
HEMPADUR	4.5 d	90 d	36 h	90 d	12 h	30 d

NR = No Recomendado, Ext. = Extendido, m = minuto(s), h = hora(s), d = día(s)

INTERVALOS DE REPINTADO: Una especificación anula y sustituye a las indicaciones de repintado en la tabla.

Nota: **HEMPADUR MASTIC 45880 es únicamente para uso profesional.**

EDITADA POR: HEMPEL A/S

4588012170

2.4.3 HEMPAXANE LIGHT 55030

Ficha Técnica HEMPAXANE LIGHT 55030



55030: BASE 55039: CURING AGENT 98000

Descripción	Esmalte polisiloxano de dos componentes, de alto contenido en sólidos, muy brillante, con una excelente retención de brillo y color.
Uso recomendado:	Como esmalte brillante cuando se desea un acabado libre de isocianatos en decoración e industria sobre estructuras en ambientes de corrosión elevada.
Temperatura de servicio:	Temperatura mínima de curado: 0°C Máximo, exposición en seco: 120°C
Certificados:	
Disponibilidad	Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación
DATOS TÉCNICOS:	
Colores	17380*/ Gris.
Acabado	Brillante
Volumen de sólidos, %:	82 ± 1
Rendimiento teórico:	10.9 m ² /l [437.1 sq.ft./US gallon] - 75 micras
Punto de inflamación	41 °C [105.8 °F]
Peso específico	1.4 kg/ltr [11.6 lb/gal EE. UU.]
Secado superficial	2.5 hora(s) 20°C
Seco en profundidad:	5.5 hora(s) 20°C
Curado completo	7 día(s) 20°C
Contenido en COV:	196 g/l [1.6 lb/gal EE. UU.]
	* otros colores según carta. * Extensa gama de colores disponible mediante HEMPEL MULTI-TINT
	Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.

DETALLES DE APLICACIÓN:

Versión, producto mezclado:	55030
Proporción de mezcla:	BASE 55039: CURING AGENT 98000 5.6:4.4 en volumen
Método de aplicación:	Pistola airless / Brocha / Rodillo
Diluyente (vol. máx.):	08080 (10%) / 08080 (5%) / 08080 (5%) Ver OBSERVACIONES al dorso.
Vida de la mezcla:	4 hora(s) 20°C
Boquilla:	0.017 - 0.021 "
Presión:	100 - 125 bar [1450 - 1812.5 psi] (Los datos de pistola airless son indicativos y sujetos a ajustes)
Limpieza de utensilios:	HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610
Espesor recomendado, seco:	75 micras [3 mils]
Espesor recomendado, húmedo:	100 micras [4 mils]
Intervalo de repintado, min	De acuerdo con la especificación.
Intervalo de repintado, max.	De acuerdo con la especificación.

Seguridad: Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.



PREPARACION DE SUPERFICIE: De acuerdo con la especificación.

CONDICIONES DE APLICACIÓN: Aplíquelo únicamente sobre una superficie limpia y seca con una temperatura superior al punto de rocío para evitar condensación. La temperatura mínima para el curado es: 0°C. Humedad relativa mínima: 30%. En espacios confinados, proporcionar una ventilación adecuada durante la aplicación y el secado.

CAPA PRECEDENTE: HEMPEL'S GALVOSIL, HEMPADUR o de acuerdo con la especificación.

CAPA SUBSIGUIENTE: Ninguna.

OBSERVACIONES:

VOC - Directiva EU 2004/42/EC:

Producto	Suministrado	10 vol. % thinning	Fase límite II, 2010
5503017380	196 g/l	262 g/l	500 g/l

Para el COV de otros colores, consultar la Ficha de Seguridad.

Colores/color estabilidad:

La estabilidad de color en algunos tonos puede verse afectada por la exposición a atmósferas químicas severas. Esto no afecta al comportamiento de la pintura. Para algunos colores puede ser necesario la aplicación de capas extras para obtener una cubrición completa.

Temperaturas de servicio:

Puede aparecer una ligera decoloración a una temperatura de servicio por encima de 100°C/212°F.

APLICACIÓN(ES):

Resistirá condensación y lluvia suave después de alcanzar la condición de seco al tacto.

ESPESOR DE PELÍCULA:

THINNER 08510 Se puede utilizar como alternativa en función de las condiciones del lugar.

DILUCIÓN:

Puede especificarse a otro espesor de película del especificado dependiendo del propósito y área de uso. Esto alterará el rendimiento y puede influenciar al tiempo de secado y al intervalo de repintado. El rango de espesor seco es: 50-80 micras

Agente de curado:

Sensible a la humedad. Pequeñas trazas de agua en la mezcla de pintura reducirán la vida de la mezcla y producirán defectos de pintura. Abrir los envases de agente de curado con precaución ya que puede existir sobrepresión. No fije la tapa de latas que contengan productos mezclados. Almacenar en un lugar fresco.

NOTA DE REPINTADO:

Si se sobrepasa el intervalo máximo de repintado, conferir rugosidad a la superficie para asegurar la adherencia entre capas.

Nota:

HEMPAXANE LIGHT 55030 es únicamente para uso profesional.

EDITADA POR:

HEMPEL A/S

5503017380

2.4.4 HEMPADUR 15590

Ficha Técnica HEMPADUR 15590



15590: BASE 15599: CURING AGENT 95100

Descripción

Imprimación epoxi de dos componentes especialmente formulada para superficies expuestas a fuerte abrasión. Clasificado según la Directiva 2004/42/CE.

Uso recomendado:

Como imprimación de chorro para fuertes y fijados sistemas epoxi tanto en inmersión como no inmersión de acuerdo a la especificación.

Temperatura de servicio:

Máximo, exposición en seco: 140°C

Certificados:

Disponibilidad

Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación

DATOS TÉCNICOS:

Colores

56880 / Rojo.

Acabado

semi brillante

Volumen de sólidos, %:

44 ± 1

Rendimiento teórico:

11 m²/l [441.1 sq.ft./US gallon] - 40 micras

Punto de inflamación

26 °C [78.8 °F]

Peso específico

1.3 kg/ltr [11 lb/gal EE. UU.]

Secado superficial

1 hora(s) 20°C

Seco en profundidad:

3.5 hora(s) 20°C

Curado completo

7 día(s) 20°C

Contenido en COV:

493 g/l [4.1 lb/gal EE. UU.]

Estabilidad de almacenaje:

1 año para la BASE y 3 años para CURING AGENT (almacenados en un contenedor cerrado) (25 °C) desde la fecha de producción. En función de las condiciones de almacenamiento, puede ser necesaria agitación mecánica antes de la utilización.

Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.

DETALLES DE APLICACIÓN:

Versión, producto mezclado:

15590

Proporción de mezcla:

BASE 15599: CURING AGENT 95100

Método de aplicación:

15 : 4 en volumen

Diluyente (vol. máx.):

Pistola airless

Vida de la mezcla:

08450 (5%)

Boquilla:

2 hora(s) 20°C

Presión:

0.017 - 0.019 "

Limpieza de utensilios:

150 bar [2175 psi] (Los datos de pistola airless son indicativos y sujetos a ajustes)

Espesor recomendado, seco:

HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610

Espesor recomendado, húmedo:

40 micras [1.6 mils]

Intervalo de repintado, min

100 micras [4 mils]

Intervalo de repintado, max.

Ver OBSERVACIONES al dorso.

Ver OBSERVACIONES al dorso.



Seguridad: Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.

PREPARACION DE SUPERFICIE: **Acero nuevo:** Elimine exhaustivamente el aceite, la grasa, etc. con un detergente adecuado. Elimine las sales y otros contaminantes con agua dulce a alta presión. Chorro abrasivo hasta mínimo Sa 2½ (ISO 8501-1:2007) con un perfil de rugosidad equivalente al Rugotest n°3, N9a a N10, preferiblemente BN9a a BN10, Keane-Tator Comparator, 2,0 G/S o ISO Comparator, medio (G). Tras el chorreado, limpie la superficie con cuidado para eliminar los agentes abrasivos y el polvo.
Reparación y mantenimiento: Elimine exhaustivamente el aceite, la grasa, etc. con un detergente adecuado. Elimine las sales y otros contaminantes con agua dulce a alta presión. En superficies con corrosiones profundas localizadas, las cantidades excesivas de restos de sales pueden requerir chorreado con agua a alta presión (water jetting) ó chorreado abrasivo húmedo. Alternativamente, se puede realizar un chorreado abrasivo seco, seguido de agua dulce a alta presión, dejar secar y, finalmente, chorro abrasivo seco de nuevo.

CONDICIONES DE APLICACIÓN: Aplíquelo únicamente sobre una superficie limpia y seca con una temperatura superior al punto de rocío para evitar condensación. La temperatura mínima de aplicación es 5 °C, preferiblemente 10 °C o superior. Humedad relativa máxima del 80% (preferiblemente inferior al 60%). La temperatura de la pintura debe ser de: Entre 15 °C y 25 °C. En espacios confinados, proporcionar una ventilación adecuada durante la aplicación y el secado.

CAPA PRECEDENTE: Ninguna.

CAPA SUBSIGUIENTE: Los sistemas recomendados son: HEMPADUR MULTI-STRENGTH 35530, HEMPADUR MULTI-STRENGTH 45751. HEMPADUR 15590 Se puede utilizar como imprimación de chorro..

OBSERVACIONES:

Espesor de película/dilución: Puede especificarse a otro espesor de película del especificado dependiendo del propósito y área de uso. Esto alterará el rendimiento y puede influir al tiempo de secado y al intervalo de repintado. El rango de espesor seco es: 30-50 micras
Repintado Intervalos de repintado según las condiciones de exposición: Si se sobrepasa el intervalo máximo de repintado, conferir rugosidad a la superficie para asegurar la adherencia entre capas. Si la superficie ha estado expuesta a ambientes contaminados, se debe limpiar adecuadamente con agua dulce a alta presión y dejar secar antes de repintar.

Una especificación anula y sustituye a las indicaciones de repintado en la tabla.

Medio ambiente	Atmosférica, media.					
	10°C (50°F)		20°C (68°F)		30°C (86°F)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
HEMPADUR	18 h	67½ d	8 h	30 d	5 h	20 d
Medio ambiente	Inmersión					
HEMPADUR	18 h	67½ d	8 h	30 d	5 h	20 d

NR = No Recomendado, Ext. = Extendido, m = minuto(s), h = hora(s), d = día(s)

NOTA DE REPINTADO:

El espesor de la capa debe ajustarse al especificado tanto como sea posible: 40 micras. La formación de película de cada capa ha de ser de buena calidad, libre de defectos como pequeños poros y pulverización seca. Las condiciones de secado y curado, han de estar de acuerdo con las INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN antes de obtener el curado final. No debe existir ningún tipo de contaminación excepto polvo suelto, abrasivos, pulverización seca, que sea posible eliminar mediante aspiración antes de repintar. La superficie DEBE estar completamente limpia antes de pintarse. La capa debe examinarse cuidadosamente y no debe tener manchas blanquecinas, y/o formación de grasa, que puedan perjudicar la adherencia de las capas siguientes. La exudación del agente de curado causa manchas blanquecinas o formación de grasas si el producto se aplica a bajas temperaturas sin dejar un tiempo de inducción adecuado y/o si la capa es expuesta al agua (lluvia o condensación) durante el secado y curado.

INTERVALOS DE REPINTADO:

INTERVALOS DE REPINTADO: De acuerdo con la especificación. El intervalo mínimo de repintado especificado se reduce a la mitad en áreas no sumergibles. El intervalo máximo de repintado puede ser mayor en función de las condiciones locales de aplicación. Póngase en contacto con HEMPEL si necesita más información. Si se excede el intervalo máximo de repintado, conferir rugosidad a la superficie para asegurar la adherencia entre capas. Si la superficie ha estado expuesta a ambientes contaminados, se debe limpiar la adecuadamente con agua dulce a alta presión y dejar secar antes de repintar. El producto resistirá un lavado de la superficie 8 horas después de la aplicación con una temperatura de acero de 20 °C.

Nota:

HEMPADUR 15590 Es únicamente para uso profesional.

EDITADA POR:

HEMPEL A/S

1559056880



2.4.5 HEMPADUR MULTI-STRENGTH 45540

Ficha Técnica

HEMPADUR MULTI-STRENGTH 45540



45540: BASE 45549: CURING AGENT 97531

Descripción	HEMPADUR MULTI-STRENGTH 45540 recubrimiento de tipo epoxi curado con aducto de amina. Es un recubrimiento duro, resistente a los impactos y a la abrasión, por ejemplo para zonas de salpicaduras. Indicado para una exposición prematura al agua que continua curando bajo agua.
Uso recomendado:	Como autoimprimación, recubrimiento para el mantenimiento de zonas de batiente oleaje, pilotes y cubiertas de trabajo.
Temperatura de servicio:	Máximo, exposición en seco: 140°C En inmersión en agua (sin gradiente de temperatura): 60°C Pico máximo de temperatura en agua de 80°C

Certificados:

Disponibilidad

Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación

DATOS TÉCNICOS:

Colores	19990*/ Negro.
Acabado	Brillante
Volumen de sólidos, %:	84 ± 1
Rendimiento teórico:	2.4 m²/l [96.2 sq.ft./US gallon] - 350 micras.
Punto de inflamación	26 °C [78.8 °F]
Peso específico	1.7 kg/ltr [13.9 lb/gal EE. UU.]
Secado superficial	3.5 hora(s) 20°C
Seco en profundidad:	6.5 hora(s) 20°C
Curado completo	7 día(s) 20°C
Contenido en COV:	176 g/l [1.5 lb/gal EE. UU.]
Estabilidad de almacenaje:	1 año para la BASE y 3 años (25°C) para el CURING AGENT desde la fecha de fabricación.

* otros colores según carta.

Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.

DETALLES DE APLICACIÓN:

Versión, producto mezclado:

45540

Proporción de mezcla:

BASE 45549: CURING AGENT 97531

4:1 en volumen

Método de aplicación:

Pistola airless / Brocha / Rodillo

Diluyente (vol. máx.):

08450 (5%) / 08450 (5%) / 08450 (5%)

Vida de la mezcla:

1.5 hora(s) 20°C (Pistola airless); 2 hora(s) 20°C(Brocha)

Boquilla:

0.021 - 0.023 "

Presión:

250 bar [3625 psi] (Los datos de pistola airless son indicativos y sujetos a ajustes)

Limpieza de utensilios:

HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610

Espesor recomendado, seco:

350 micras [14 mils]

Espesor recomendado, húmedo:

425 micras [17 mils]

Intervalo de repintado, min

De acuerdo con la especificación.

Intervalo de repintado, max.

De acuerdo con la especificación.

Seguridad:

Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.

PREPARACION DE SUPERFICIE:

Acero nuevo: Elimine exhaustivamente el aceite, la grasa, etc. con un detergente adecuado. Elimine las sales y otros contaminantes con agua dulce a alta presión. Chorro abrasivo hasta mínimo Sa 2½ (ISO 8501-1:2007) con un perfil de rugosidad equivalente al Rugotest n°3, N9a a N10, preferiblemente BN9a a BN10, Keane-Tator Comparator, 2.0 G/S o ISO Comparator, medio (G).

Reparación y mantenimiento: Elimine exhaustivamente el aceite, la grasa, etc. con un detergente adecuado. Elimine las sales y otros contaminantes con agua dulce a alta presión. Elimine el óxido y el material desprendido con chorro con abrasivo húmedo o en seco o limpieza mecánica. Como alternativa a la preparación en seco, puede realizarse chorreado abrasivo húmedo o water jetting hasta alcanzar un grado mínimo Wa 2½ (ISO 8501-4:2006) (o de acuerdo a la especificación). El grado máximo de reoxidación aceptable justo antes de la aplicación es L (ISO 8501-4:2006). Los bordes de pintura antigua deben ser suavizados. Tras el chorro abrasivo húmedo, limpie la superficie con agua dulce a alta presión y deje que seque. Retoque las zonas al descubierto con: pintura HEMPADUR especificada

CONDICIONES DE APLICACIÓN:

Usar solo donde aplicación y curado puedan tener lugar a temperaturas por encima de: 5°C/41°F. La temperatura de la pintura deberá estar por encima de: 15°C. Aplíquelo únicamente sobre una superficie limpia y seca con una temperatura superior al punto de rocío para evitar condensación. En espacios confinados, proporcionar una ventilación adecuada durante la aplicación y el secado.

CAPA PRECEDENTE:

Ninguna. HEMPADUR 15590 puede utilizarse as a blast primer.

CAPA SUBSIGUIENTE:

De acuerdo con la especificación.



OBSERVACIONES:

Colores/color estabilidad:	Los colores claros tienen tendencia a amarillear y a oscurecer expuestos a alta temperatura.
Temperaturas de servicio:	La tendencia natural de revestimientos epoxi en el exterior como el caleo y a volverse más sensibles a daños mecánicos y a la exposición química a elevadas temperaturas está también presente en este producto.
TIEMPO DE INDUCCIÓN:	Para obtener las mejores propiedades de aplicación, mezcle los componentes y deje la mezcla reaccionar unos 10-15 minutos antes de aplicar (tiempo de inducción). 20°C o 30 minutos, 10°C.
APLICACIÓN(ES):	20°C: The product can be immersed 30 minutes after application. Curing will proceed under water. This may result in some discolouration but will not affect anti-corrosive performance.
Espesor de película/dilución:	Puede especificarse a otro espesor de película del especificado dependiendo del propósito y área de uso. Esto alterará el rendimiento y puede influenciar al tiempo de secado y al intervalo de repintado. El rango de espesor seco es: 125 micras. -350 micras /14 mils. Evitar la aplicación de un espesor de película excesivo
INTERVALOS DE REPINTADO:	Si se sobrepasa el intervalo máximo de repintado, conferir rugosidad a la superficie para asegurar la adherencia entre capas.
Nota:	HEMPADUR MULTI-STRENGTH 45540 Es únicamente para uso profesional.
EDITADA POR:	HEMPEL A/S

4554019990

2.4.6 HEMPEL'S POLYENAMEL 55102

Ficha Técnica HEMPEL'S POLYENAMEL 55102



55102: BASE 55107: CURING AGENT 95304

Descripción	HEMPEL'S POLYENAMEL 55102 es un poliuretano acrílico brillante de dos componentes, curado con isocianato alifático y con una buena retención de brillo y color.
Uso recomendado:	Como capa de acabado de aspecto brillante en ambientes muy corrosivos. Excelente adherencia sobre fibra de vidrio, poliéster reforzado con fibra de vidrio o madera. Se adhiere directamente sobre varios sustratos preparados adecuadamente, como el aluminio, acero inoxidable pasivado, acero galvanizado pasivado o acero imprimado adecuadamente.
Temperatura de servicio:	Máximo, exposición en seco: 120°C (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Certificados:	Cumple con la European Fire Standard EN 13501-1; classification B-s1, d0. Cumple con el Código Técnico de Edificación CTE-DB-SI. Sección S1. Propagación interior. Apartado 4: Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario (ref. techos y paredes). Cumple con la Directiva EU 2004/42/EC subcategoría j.
Disponibilidad	Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación
DATOS TÉCNICOS:	
Colores	10000*/ Blanco
Acabado	alto brillo
Volumen de sólidos, %:	52 ± 1
Rendimiento teórico:	14.9 m²/l [597.5 sq.ft./US gallon] - 35 micras.
Punto de inflamación	35 °C [95 °F]
Peso específico	1.2 kg/ltr [10 lb/gal EE. UU.]
Secado superficial	2 hora(s) 20°C
Seco en profundidad:	6.5 hora(s) 20°C (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Curado completo	7 día(s) 20°C (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Contenido en COV:	435 g/l [3.6 lb/gal EE. UU.]
Estabilidad de almacenaje:	3 años para la BASE y 1 año (25°C) para el CURING AGENT desde la fecha de fabricación. * Extensa gama de colores disponible mediante HEMPEL MULTI-TINT. Este producto está disponible en diversos tonos de pigmentos de aluminio con diferente volumen de sólidos. Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.

DETALLES DE APLICACIÓN:

Versión, producto mezclado:	55102
Proporción de mezcla:	BASE 55107: CURING AGENT 95304 4:1 en volumen
Método de aplicación:	Pistola airless / Pistola de aire / Brocha
Diluyente (vol. máx.):	08880 o 08080 (5%) / Ver OBSERVACIONES al dorso.
Vida de la mezcla:	2 hora(s) aprox. 20°C
Boquilla:	0.017 - 0.019 "
Presión:	75 - 100 bar [1087.5 - 1450 psi] (Los datos de pistola airless son indicativos y sujetos a ajustes)
Limpieza de utensilios:	HEMPEL'S THINNER 08080 o 08510
Espesor recomendado, seco:	35 micras [1.4 mils]
Espesor recomendado, húmedo:	75 micras [3 mils]
Intervalo de repintado, min	Ver OBSERVACIONES al dorso.
Intervalo de repintado, max.	Ver OBSERVACIONES al dorso.
Seguridad:	Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.



PREPARACION DE SUPERFICIE: De acuerdo con la especificación.

CONDICIONES DE APLICACIÓN: La superficie debe estar completamente limpia y seca en el momento de la aplicación y la temperatura debe ser superior al punto de rocío para evitar la condensación.
La temperatura mínima para el curado es: -10°C/14°F.

CAPA PRECEDENTE: HEMPADUR. o de acuerdo con la especificación.

CAPA SUBSIGUIENTE: Ninguna.

OBSERVACIONES: Pistola airless: 5-7% Se recomienda su dilución. Póngase en contacto con HEMPEL si necesita más información.

VOC - Directiva EU 2004/42/EC:

Producto	Suministrado	15 vol. % thinning	Fase límite II, 2010
5510210000	435 g/l	498 g/l	500 g/l

Para el COV de otros colores, consultar la Ficha de Seguridad.

Colores/color estabilidad:

La estabilidad de color en algunos tonos puede verse afectada por la exposición a atmósferas químicas severas. Esto no afecta al comportamiento de la pintura.
Para algunos colores puede ser necesario la aplicación de capas extras para obtener una cubrición completa.

Este producto está disponible en diversos tonos de pigmentos de aluminio con diferente volumen de sólidos.

Temperaturas de servicio:

APLICACION(ES):

Puede aparecer una ligera decoloración a una temperatura de servicio por encima de 100°C/212°F.
El tipo y la cantidad de disolvente dependen de las condiciones de aplicación, método de aplicación, temperatura, ventilación y sustrato.
Pistola de aire convencional Ajuste la dilución dependiendo de los equipos de aplicación y temperatura.
Póngase en contacto con HEMPEL si necesita más información. Para ambos tipos de aplicación a pistola, los mejores resultados se obtienen aplicando primero una capa fina (mist coat) y, tras 2-15 minutos, aplicar el espesor final para conseguir una formación de película uniforme. No aplique un espesor de película muy alto.

Espesor de película/dilución:

THINNER 08080 se recomienda en general.
El tipo y la cantidad de disolvente dependen de las condiciones de aplicación, método de aplicación, temperatura, ventilación y sustrato.
Puede especificarse a otro espesor de película del especificado dependiendo del propósito y área de uso. Esto alterará el rendimiento y puede influir al tiempo de secado y al intervalo de repintado. El rango de espesor seco es: 30-40 micras .
The recommended maximum dry film thickness per layer of aluminium finish is 30-40 microns to avoid sagging. Any thickness above should be applied in two layers.

Agente de curado:

CURING AGENT 95304 es sensible a la humedad.
Pequeñas trazas de agua en la mezcla de pintura reducirán la vida de la mezcla y producirán defectos de pintura.

NOTA DE REPINTADO:

Abra los envases de agente de curado con precaución ya que puede existir sobrepresión. Almacenar en lugar seco y mantener los envases convenientemente cerrados hasta su uso.
Una superficie completamente limpia es indispensable para garantizar la adhesión de las capas, especialmente a intervalos de repintado largos. Cualquier acumulación de suciedad, aceite, grasa o cualquier otro material se debe eliminar con el detergente seguido de agua dulce a alta presión. Las sales deben eliminarse mediante lavado con agua dulce. Para comprobar si la calidad de la limpieza de la superficie es adecuada un parche de prueba es recomendable antes de repintar.

El intervalo máximo de repintado viene referido a superficies exteriores expuestas a inmersiones periódicas, condensaciones fuertes, grandes variaciones de temperatura, salpicaduras y/o abrasión durante la vida útil del sistema de pintura. Bajo otras condiciones de servicio, no hay intervalo máximo de repintado.

Si se sobrepasa el intervalo máximo de repintado, conferir rugosidad a la superficie para asegurar la adherencia entre capas. En el caso de repintado con otros materiales de pintura, el máximo es: 1-3 días , 20°C dependiendo del tipo.

Nota:

EDITADA POR:

HEMPEL'S POLYENAMEL 55102 Es únicamente para uso profesional.

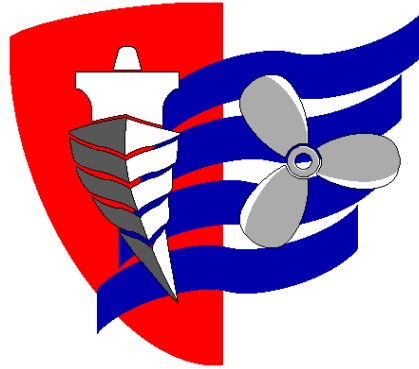
HEMPEL A/S

5510210000



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



PLANOS

GRADO EN INGENIERÍA MARÍTIMA



3. PLANOS

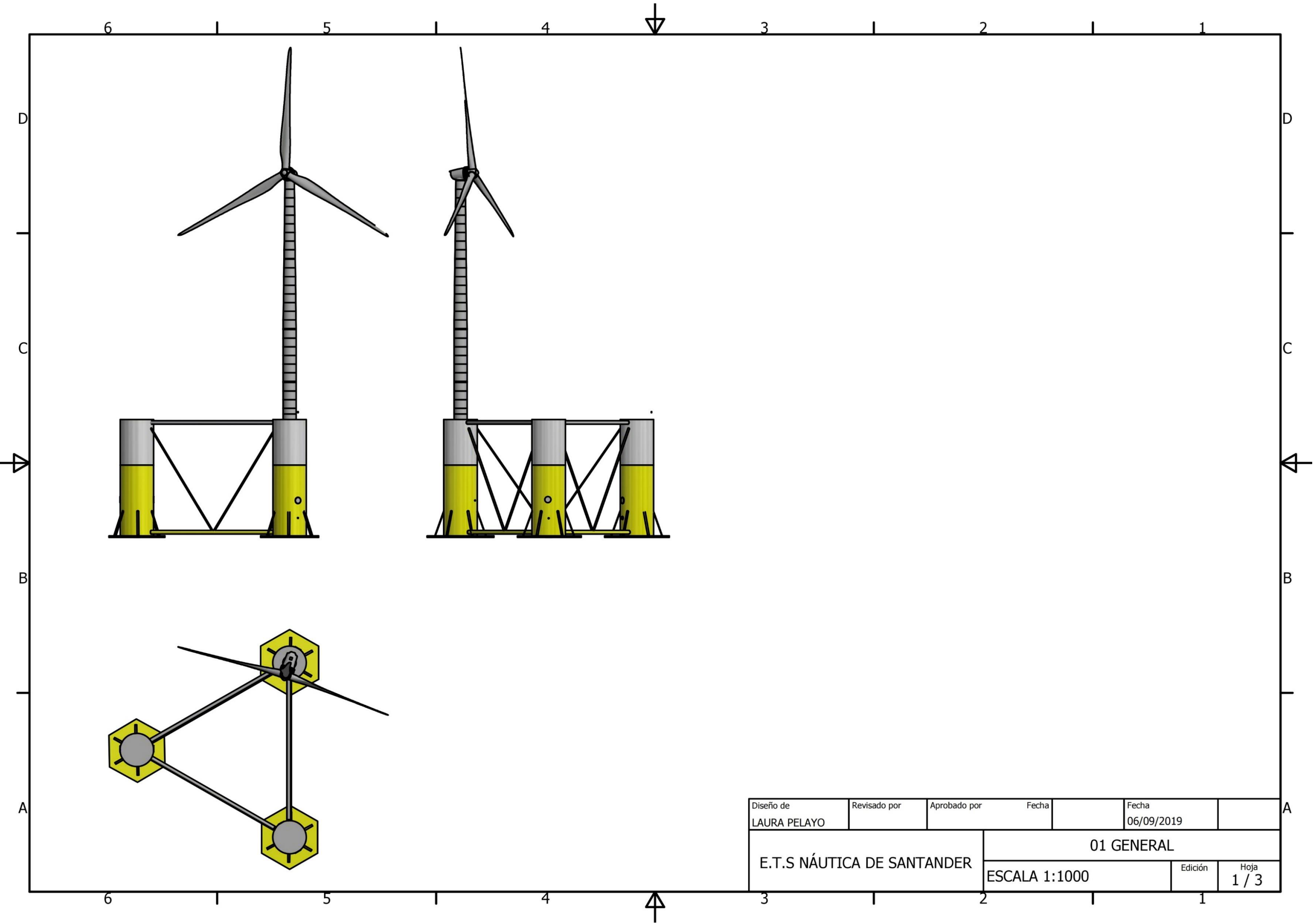
ÍNDICE

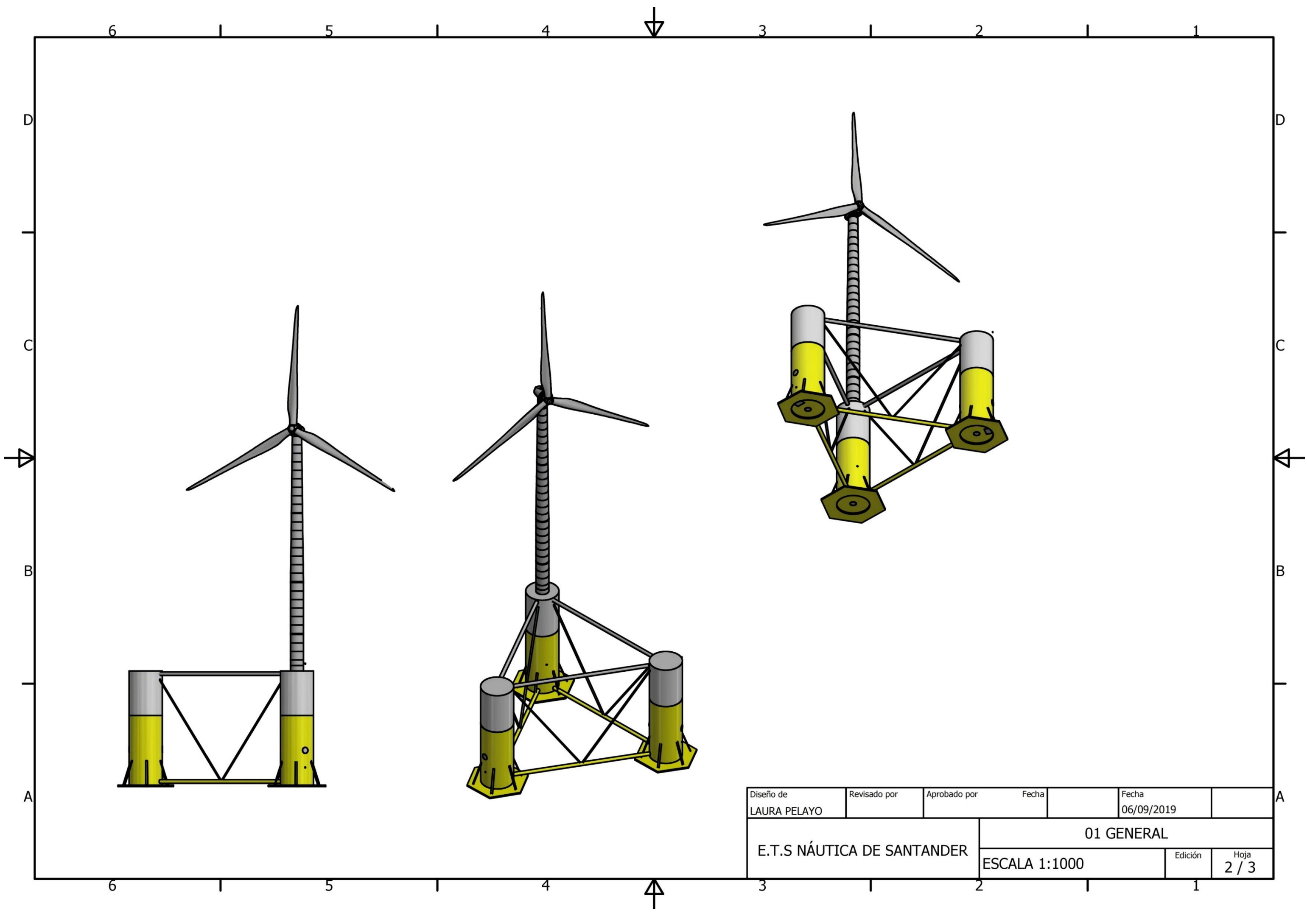
PLANO 01.....GENERAL

PLANO 02.....DETALLE CORRIENTES IMPRESAS

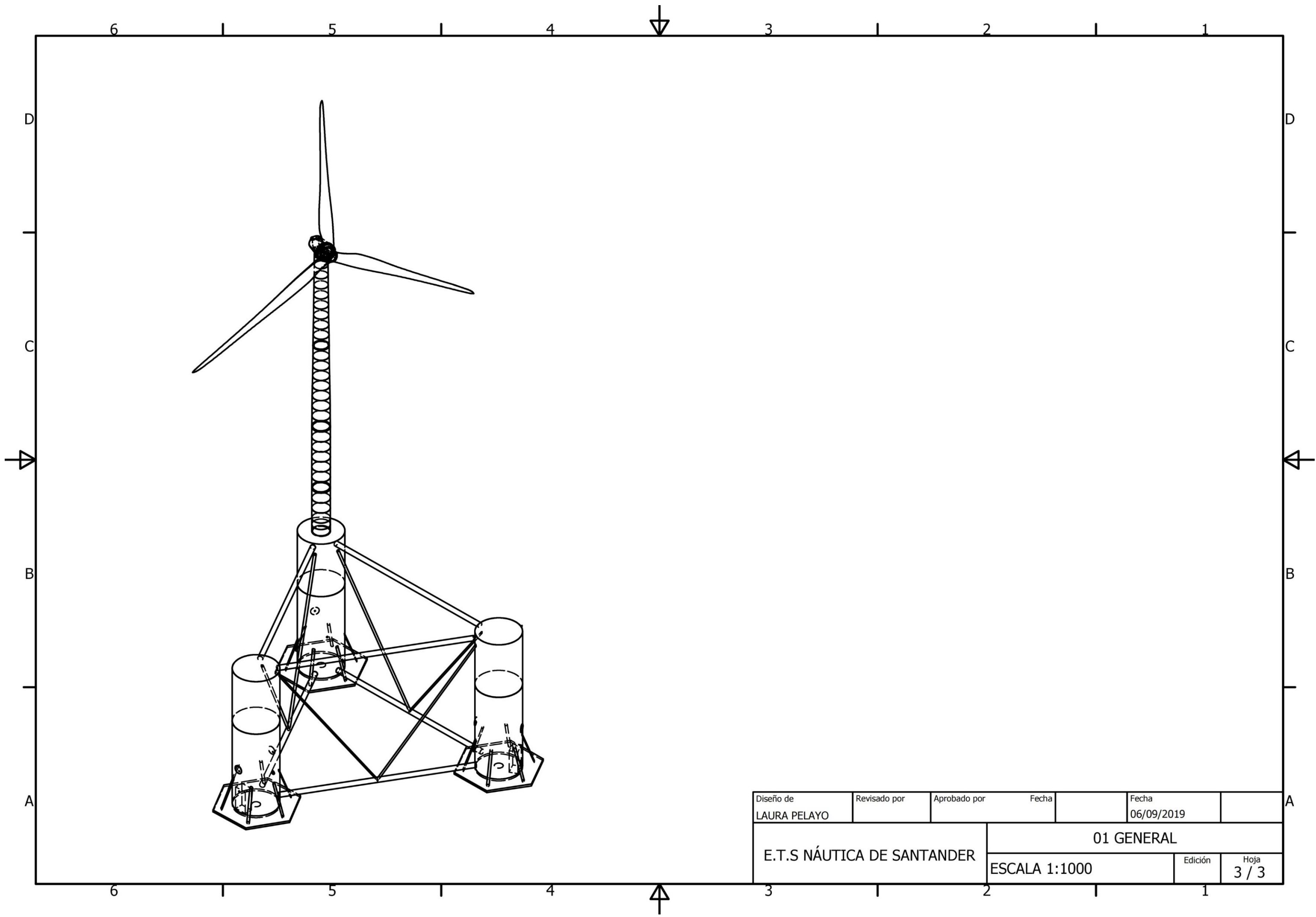
PLANO 03.....DETALLE ÁNODOS DE SACRIFICIO

Nº PLANOS	EDICIÓN	DESIGNACIÓN	DIMENSIONES
3	L.P	Vista general/Detalle	A3

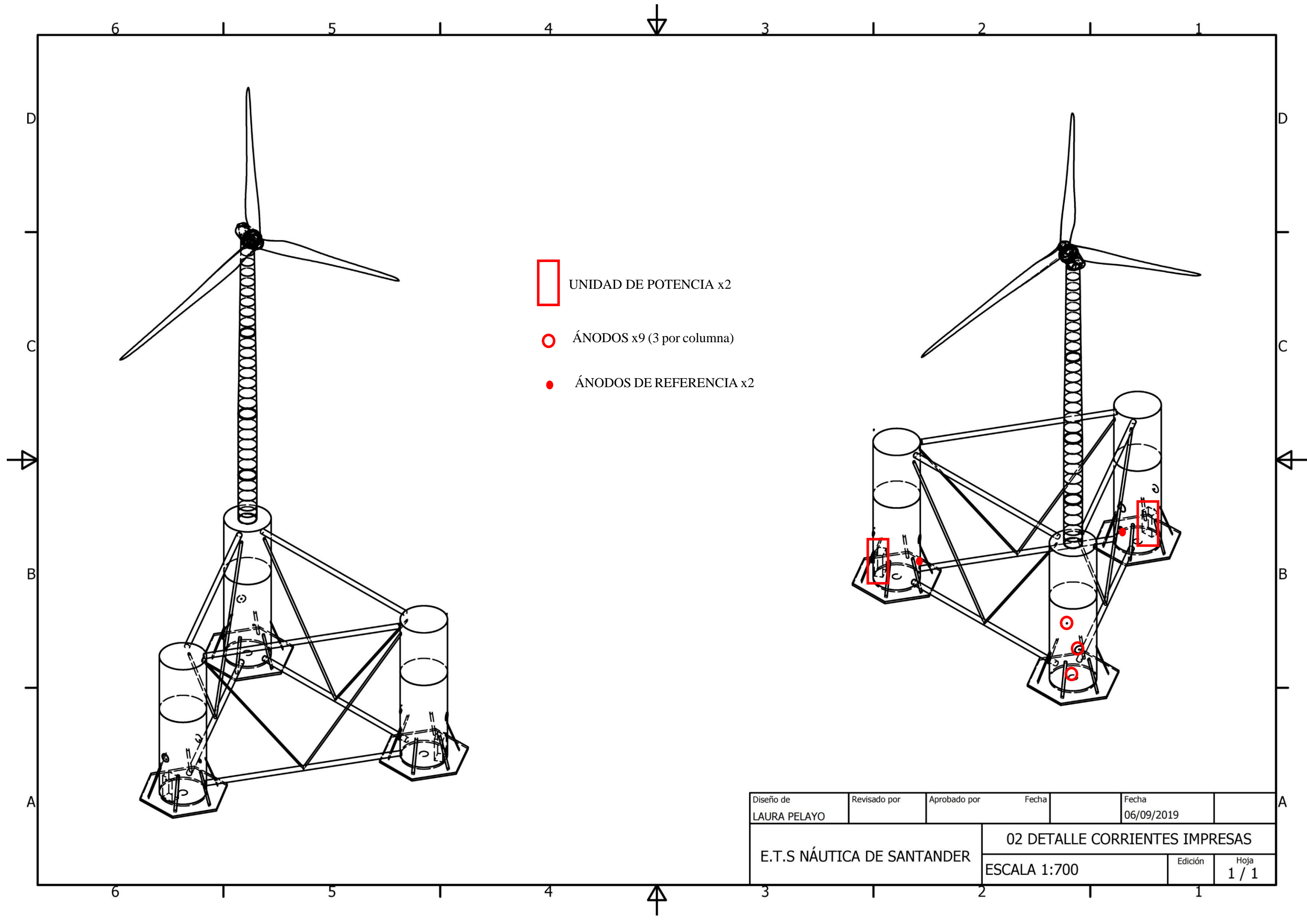




Diseño de LAURA PELAYO	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 06/09/2019	
E.T.S NÁUTICA DE SANTANDER			01 GENERAL		
ESCALA 1:1000			Edición	Hoja 2 / 3	



Diseño de LAURA PELAYO	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 06/09/2019	
E.T.S NÁUTICA DE SANTANDER			01 GENERAL		
			ESCALA 1:1000		Edición Hoja 3 / 3

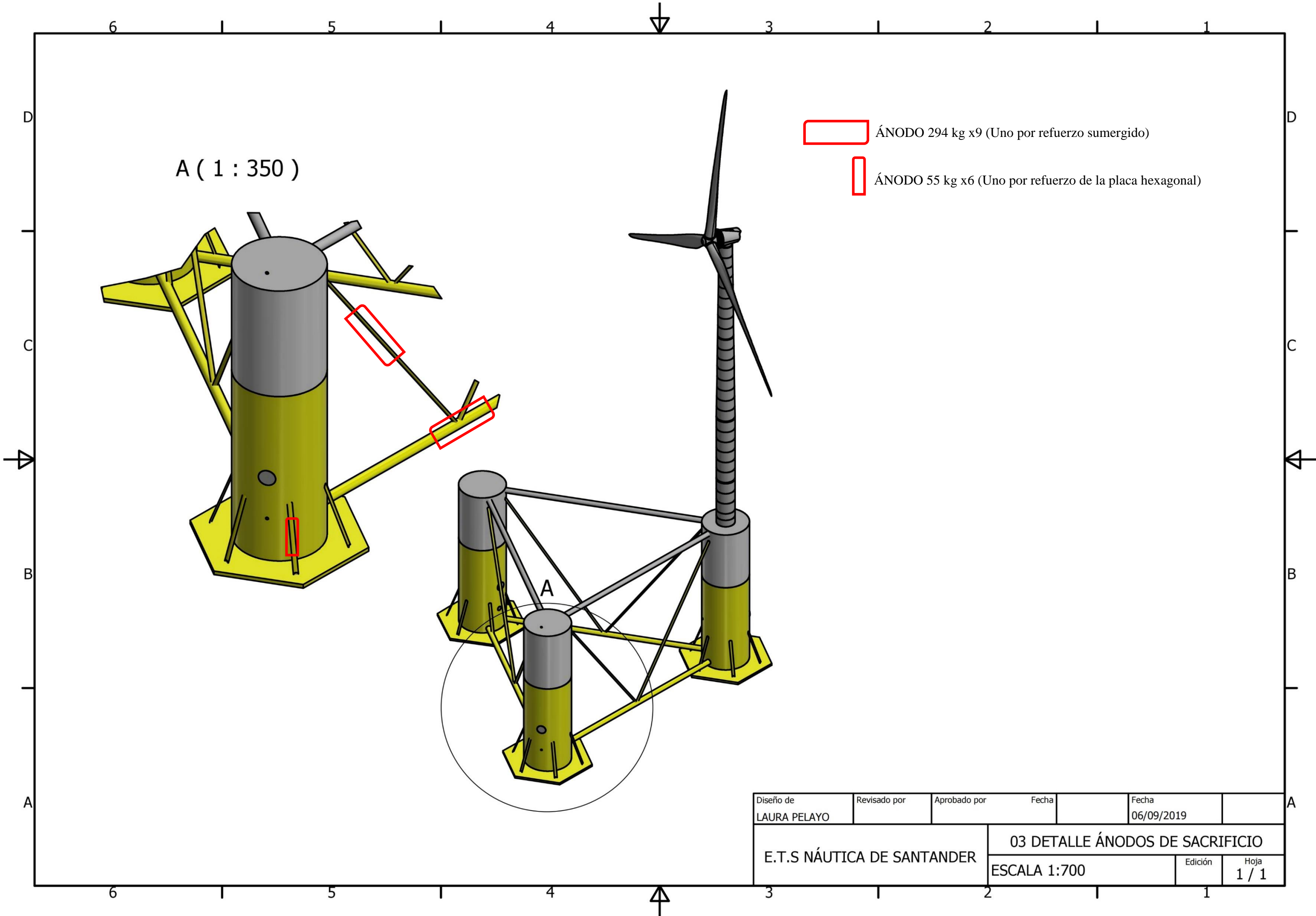


UNIDAD DE POTENCIA x2

ÁNODOS x9 (3 por columna)

ÁNODOS DE REFERENCIA x2

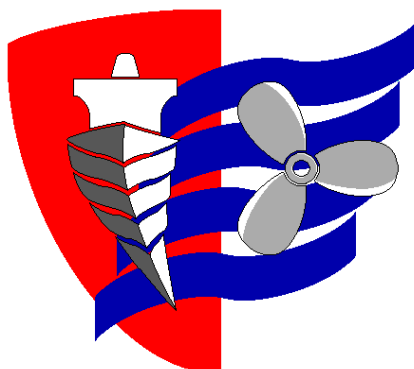
Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
LAURA PELAYO				06/09/2019	
E.T.S NÁUTICA DE SANTANDER			02 DETALLE CORRIENTES IMPRESAS		
ESCALA 1:700			Edición	Hoja	
				1 / 1	





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



PLIEGO DE CONDICIONES

GRADO EN INGENIERÍA MARÍTIMA



4. PLIEGO DE CONDICIONES

4.1 GENERALIDADES

Los sistemas de protección contra la corrosión se realizarán siguiendo las directrices del Proyecto específico (planos, presupuesto, memoria y pliego de condiciones) y las indicaciones que se faciliten durante la ejecución por parte del proyectista y de la dirección de obra, es decir, por la Dirección Facultativa. Los planos del proyecto deben considerarse de carácter indicativo de la disposición general del sistema.

Las normas de este Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares prevalecerán, en su caso, sobre las de la Normativa Técnica General. Si en este Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares no figurará referencia a determinados artículos del Pliego General, se entenderá que se mantienen las prescripciones de la Normativa Técnica General.

Todos estos documentos obligarán a la redacción original con las modificaciones posteriores declaradas de aplicación obligatoria y que se declaren como tal durante el término de las obras de este proyecto.

El contratista está obligado al cumplimiento de todas las instrucciones, pliegos o normas de toda índole promulgadas para la administración del Estado, de la autonomía, del ayuntamiento y de otros organismos competentes, que tengan aplicación a las herramientas que se han de utilizar tanto si nos nombradas como si no los son en la relación anterior, quedando a decisión del director de obra resolver cualquier discrepancia que pueda haber respecto a lo que dispone este pliego.

Serán de aplicación en cada caso como supletoria y complementaria de las contenidas en este pliego las Disposiciones y sus anexos que a continuación se relacionan, siempre que no modifiquen o contravengan a lo que en ellas se especifica.



4.2 SEGURIDAD Y SALUD

- Orden Ministerial del 1 de Abril de 1964: Reglamento de seguridad del trabajo en la industria de la construcción y Obras Públicas
- Orden del 9 de abril de 1996: Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo Directiva 92/57/CEE del 24 de junio, (D.O: 26/08/92): Disposiciones mínimas de seguridad y salud que se han de aplicarse a las obras de construcción temporal o móvil.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, (B.O.E. del 25 de octubre de 1997)
- Real Decreto 2177/2004 de 12 de noviembre, (B.O.E. del 13 de noviembre de 2004)
- Real Decreto 1109/2007 de 24 de agosto (B.O.E. del 26 de Agosto del 2007)
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Transposición de la Directiva 92/57/CEE que deroga el RD 555/86 sobre la obligatoriedad de inclusión del Estudio de Seguridad e Higiene en proyectos de edificación y obras públicas.

4.3 DIRECCIÓN Y DESARROLLO DE LA INSTALACIÓN

Las obras se realizarán de acuerdo con los Planos del Proyecto. Será responsabilidad del Contratista la elaboración de cuantos planos complementarios de detalle sean necesarios para la correcta instalación de los sistemas de protección contra la corrosión.

El Contratista dispondrá durante la instalación de una copia completa de los Pliegos de Prescripciones, un juego completo de los planos del proyecto, así como copias de todos los planos complementarios desarrollados por el Contratista o de los revisados suministrados por la Dirección de Obra, junto con las instrucciones y especificaciones complementarias que pudieran acompañarlos.

Una vez finalizada la instalación y como fruto de este archivo actualizado, el Contratista está obligado a facilitar a la Propiedad y a la Dirección de Obra en soporte informático el proyecto construido, siendo de su cuenta los gastos ocasionados por tal motivo. Se acordará con la Dirección de Obra el formato de los ficheros informáticos.



4.4 RELACIONES ENTRE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO Y LA NORMATIVA

4.4.1 CONTRADICCIONES ENTRE DOCUMENTOS DEL PROYECTO

En el caso de que aparezcan contradicciones entre los Documentos contractuales (Pliego de Condiciones, Planos y Cuadros de precios), la interpretación corresponderá al Director de Obra, estableciéndose el criterio general de que, salvo indicación en contrario, prevalece lo establecido en el Pliego de Condiciones.

Concretamente: Caso de darse contradicción entre Memoria y Planos, prevalecerán éstos sobre aquélla. Entre Memoria y Presupuesto, prevalecerá éste sobre aquélla. Caso de contradicción entre el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y los Cuadros de Precios, prevalecerá aquél sobre éstos. Dentro del Presupuesto, caso de haber contradicción entre Cuadro de Precios y Presupuesto, prevalecerá aquél sobre éste.

4.4.2 CONTRADICCIONES ENTRE EL PROYECTO Y LA LEGISLACIÓN ADMINISTRATIVA GENERAL

En este caso prevalecerán las disposiciones generales (Leyes, Reglamentos y R.D.).

4.4.3 CONTRADICCIONES ENTRE EL PROYECTO Y LA NORMATIVA TÉCNICA

Como criterio general, prevalecerá lo establecido en el Proyecto, salvo que en el Pliego se haga remisión expresa de que es de aplicación preferente un Artículo preciso de una Norma concreta, en cuyo caso prevalecerá lo establecido en dicho Artículo.



4.4.4 SUBCONTRATOS

Ninguna parte de la obra podrá ser subcontratada sin consentimiento previo, solicitado por escrito, del Director de la Obra. Dicha solicitud incluirá los datos precisos para garantizar que el subcontratista posee la capacidad suficiente para hacerse cargo de los trabajos en cuestión. La aceptación del subcontrato no relevará al Contratista de su responsabilidad contractual. El Director de la Obra estará facultado para decidir la exclusión de aquellos subcontratistas que, previamente aceptados, no demuestren durante los trabajos poseer las condiciones requeridas para la ejecución de los mismos. El Contratista deberá adoptar las medidas precisas e inmediatas para la rescisión de dichos subcontratos.

4.4.5 PLANOS DE INSTALACIONES AFECTADAS

Como durante la instalación de los sistemas es corriente que se encuentren servicios o instalaciones cuya existencia no se conocía de antemano, es conveniente que quede constancia de las mismas. Por ello, el Contratista está obligado a presentar al finalizar cada tramo de obra, planos en los que se detallen todas las instalaciones y servicios encontrados, tanto en uso como sin utilización y conocidos o no previamente, con la situación primitiva y aquella en que queden después de la modificación si ha habido necesidad de ello, indicando todas las características posibles, sin olvidar la Entidad propietaria de la instalación.

4.4.6 ENSAYOS Y RECONOCIMIENTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Los ensayos y reconocimientos más o menos minuciosos verificados durante la instalación, no tienen otro carácter que el de simples antecedentes para la recepción. Por consiguiente, la admisión de materiales, fábricas o instalaciones en cualquier forma que se realice, antes de la recepción, no atenúa las obligaciones a subsanar o reponer que el Contratista contrae si las obras resultasen inaceptables, parcial o totalmente, en el momento de la recepción definitiva.



4.4.7 CASOS DE RESCISIÓN

En los casos de rescisión, bajo ningún pretexto podrá el Contratista retirar de las inmediaciones de las obras ninguna pieza y elemento del material de las instalaciones, pues la Administración podrá optar por retenerlo, indicando al Contratista lo que desea adquirir previa valoración por períodos o por convenio con el Contratista. Este deberá retirar lo restante en el plazo de tres meses, entendiéndose por abandono lo que no retire en dicho plazo.

4.4.8 OBRAS CUYA EJECUCIÓN NO ESTÁ TOTALMENTE DEFINIDA EN ESTE PROYECTO

Las obras/instalaciones cuya ejecución no esté totalmente definida en el presente Proyecto, se abonarán a los precios del Contrato con arreglo a las condiciones de la misma y a los proyectos particulares que para ellas se redacten.

4.4.9 CONSTRUCCIONES AUXILIARES Y PROVISIONALES

El Contratista queda obligado a construir por su cuenta, y a retirar al final de obras, todas las edificaciones provisionales y auxiliares para oficinas, almacenes, cobertizos, caminos de servicio provisionales, etc.

Todas estas obras estarán supeditadas a la aprobación previa del Ingeniero Director de la Obra, en lo referente a ubicación, cotas, etc.

Las instalaciones auxiliares de obra no ubicadas en el proyecto se localizarán en las zonas de menor valor ambiental.

El Contratista instalará y mantendrá a su costa una estación para la toma de datos meteorológicos, calibrada oficialmente capaz de registrar los valores horarios de temperatura, humedad relativa y pluviometría.



4.5 NORMATIVAS Y PRUEBAS

En la Memoria del Proyecto se incluye un apartado específico referente a la Normativa que se debe cumplir siguiendo las siguientes prioridades:

- Reglamentos relativos a aerogeneradores flotantes
- Reglamentos de protección contra la corrosión en estructuras eólicas marinas
- Reglamentos y guías offshore

4.5.1 MODIFICACIONES

Toda modificación que se pretenda incorporar al proyecto, por parte del contratista o de cualquiera de sus subcontratas, deberá ser sometida a la Dirección Facultativa que tendrá que aprobar por escrito cualquier cambio que se produzca y facilitar los planos de detalle suficientes para la correcta ejecución de la instalación.

4.5.2 MATERIALES

Todos los materiales se ajustarán a sus características y calidades de lo reflejado en los Documentos de Proyecto. Además, deberán estar debidamente homologados y, en el caso de que no sea así, tendrán que estar contrastados por un laboratorio de ensayos homologados para este tipo de trabajos.

Con el objeto de comprobar la calidad de los materiales, el contratista estará obligado a presentar a la Dirección Facultativa una muestra de todos los materiales que se utilicen para su aprobación. Una vez aprobados, los materiales se almacenarán convenientemente como muestras, no empleando bajo ningún concepto materiales de distinta calidad a los de muestra.

A la llegada de los materiales, se comprobará su correspondencia con el Proyecto revisando las placas y la documentación acreditativa de la homologación de aparatos.

No se podrá sustituir ningún material por otro, aun siendo similar, ni instalar aparatos de marcas o modelos distintos sin autorización escrita de la Dirección Facultativa. Los materiales que presenten defectos como picaduras, mal aspecto, etc. serán desechados incluso después de haber realizado su montaje.



4.5.3 PRUEBAS

Durante la ejecución de la instalación se irán realizando pruebas de los diferentes elementos que lo permitan como pruebas de adhesión de los recubrimientos, funcionamiento de equipos de protección catódica, etc.

Una vez finalizada la instalación, se realizarán las pruebas finales de funcionamiento de todos los equipos instalados.

4.5.4 RECEPCIÓN PROVISIONAL

Si los resultados de las pruebas finales son satisfactorios, se procederá a la recepción provisional de la instalación dando por finalizado el montaje de la misma. En ese momento, se debe hacer entrega de la siguiente documentación a la Propiedad:

- Copia de los proyectos específicos con trazado real de los elementos.
- Esquemas de funcionamiento según las distintas reglamentaciones para su colocación en máquinas, cuadros, etc. Además, códigos de colores para identificación de tuberías, fabricantes y características de funcionamiento.
- Hoja de resultados de las pruebas finales.
- Manuales de instrucciones.
- Acta de recepción firmada por la Propiedad, contratista y Dirección Facultativa.
- Libros de mantenimiento.

4.5.5 RECEPCIÓN DEFINITIVA

Una vez transcurrido el periodo de garantía, estimado en un año salvo pacto de otro período de tiempo por las partes interesadas, y si el funcionamiento de los elementos es correcto se dará la instalación por recepcionada definitivamente.

4.5.6 AYUDAS

Serán proporcionadas por el contratista en forma de medios mecánicos y personales para el correcto desarrollo de la instalación.



4.5.7 *PERSONAL*

El contratista presentará mensualmente la justificación suficiente de que todas las personas que se encuentren trabajando en la instalación disponen de cobertura legal.

4.5.8 *RECUBRIMIENTOS*

Los recubrimientos a emplear serán los definidos en la Memoria siendo de primeras marcas o similares con las características y densidades que se indiquen.

4.5.9 *EQUIPOS Y MONTAJE*

No se podrá instalar aparatos de marcas o modelos distintos sin autorización.

Se prestará un cuidado especial en el montaje y colocación de los diferentes elementos y equipos que componen el sistema. No pudiendo haber fallos en el material ni en el funcionamiento de equipos de protección catódica

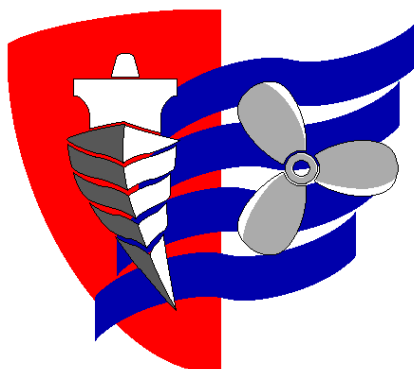
4.5.10 *PLANOS*

Se respetarán todos los detalles constructivos definidos en los planos.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



PRESUPUESTO

GRADO EN INGENIERÍA MARÍTIMA



5. PRESUPUESTO

1. RECUBRIMIENTOS

CONCEPTO	PRECIO/UNIDAD	UNIDADES	TOTAL (€)
HEMPEL's GALVOSIL 15700	273 €/Unidad (15L)	11	3.003
HEMPADUR 45880	176 €/Unidad (20L)	70	12.320
HEMPAXANE LIGHT 55030	665 €/Unidad (20L)	10	6.650
HEMPADUR 15590	137 €/Unidad (20L)	3	411
HEMPADUR MULTI- STRENGTH 45540	210 €/Unidad (20L)	30	6.300
HEMPEL'S POLYENAMEL 55102	312 €/Unidad (20L)	4	1.248
Mano de obra estimada			55.000

TOTAL RECUBRIMIENTOS = 84.932 €

2. INSTALACIÓN DE CORRIENTES IMPRESAS

CONCEPTO	PRECIO/UNIDAD	UNIDADES	TOTAL (€)
Unidad de control de potencia THYRISTOR	18.000 €/Unidad	2	36.000
Ánodo de disco TELPRO. Incluye ánodo y soporte.	3.000 €/Unidad	8	24.000
Instalación, cables, protecciones. Incluye electrodo RSH.			51.000

TOTAL CORRIENTES IMPRESAS = 111.000 €

3. INSTALACIÓN DE ÁNODOS DE SACRIFICIO

CONCEPTO	PRECIO/kg	PESO (kg)	UNIDADES	TOTAL (€)
Ánodo aluminio YX-AL-S01	5 €/kg	294	14	13.580
Ánodo aluminio YX-AL-S04		55	10	2.750
Instalación	600 €/ánodo		24	14.400

TOTAL ÁNODOS DE SACRIFICIO = 30.730 €



PRESUPUESTO RESUMEN

Recubrimientos	84.932 €
Corrientes impresas	111.000 €
Ánodos de sacrificio	30.730 €
SUMA 226.662 €	

13 % De gastos generales 29.466,06 €

6% De beneficio industrial 1.767,96 €

BASE IMPONIBLE 257.896,02 €

I.V.A (21%) 54.158,16 €

TOTAL 312.054,18 €

TOTAL: trescientos doce mil cincuenta y cuatro con dieciocho euros



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Momber, “Corrosion and corrosion protection of support structures for offshore wind energy devices (OWEA),” no. 5, pp. 391–404, 2011.
- [2] ISO (International Organization for Standardization), “UNE-EN ISO 8044 Corrosión de metales y aleaciones-Términos principales y definiciones.” 2015.
- [3] L. Pelayo, “CORROSIÓN MARINA EN ESTRUCTURAS OFFSHORE.” 2018.
- [4] C. Serrano Morán, “Diseño de una estructura flotante para un aerogenerador offshore,” 2015.
- [5] EEAL, “ESTUDIO ESTRATÉGICO AMBIENTAL DEL LITORAL ESPAÑOL PARA LA INSTALACIÓN DE PARQUES EÓLICOS MARINOS,” 2009.
- [6] IDAE, “Análisis del recurso. Atlas eólico de España,” 2011.
- [7] I. de Prado González, “Estudio de implantación de un parque eólico offshore flotante en la costa de cantabria,” p. 163, 2018.
- [8] L. Hoyo Torre, “ANÁLISIS DE VIABILIDAD SOCIO- ECONÓMICA DE UN PARQUE EÓLICO OFFSHORE EN CANTABRIA,” 2018.
- [9] Gobierno de Cantabria, “MAPAS CANTABRIA,” 2019. [Online]. <http://bit.ly/2ZoVmlN> -"Accedida entre abril y agosto de 2019".
- [10] S. Ferreño González, L. Castro Santos, V. Díaz Casás, and J. Á. Fraguera Formoso, “Estudio, caracterización y comparación de tipologías de plataformas para soporte de aerogeneradores en alta mar,” in *50º Congreso de Ingeniería Naval e Industria Marítima*, 2011.
- [11] DNV, “DNVGL-SE-0422 Certification of floating wind turbines,” 2018.
- [12] DNV, “DNVGL-ST-0119 Floating wind turbine structures.” 2018.



- [13] DNV, “DNVGL-RP-0416 Corrosion protection for wind turbines.” 2016.
- [14] DNV, “DNVGL-RP-B401 Cathodic protection design.” 2017.
- [15] ISO (International Organization for Standardization), “UNE-EN ISO 8501 Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies.” 2008.
- [16] ISO (International Organization for Standardization), “UNE-EN ISO 12495 Protección catódica para estructuras marítimas fijas de acero.” 2001.
- [17] NORSOK, “NORSOK M-501 Surface preparation and protective coating This.” 2012.
- [18] ISO (International Organization for Standardization), “UNE EN-ISO 12944-5 Pinturas y barnices Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pinturas protectores Parte 5: Sistemas de pintura protectores,” 2018.
- [19] S.-J. Choi, M.-H. Park, and I.-T. Kim, “Corrosion-Protection Design for Floating-Type Offshore Wind Turbines.” 2012.
- [20] NACE, *NACE SP 0176 - Corrosion Control of Submerged Areas of Permanently Installed Steel Offshore Structures Associated with Petroleum Production*, vol. 2007, no. SP 0178-2007. 2007.
- [21] Evac-CATHELCO, “Thyristor ICCP control panel solution,” 2019. [Online]. <http://bit.ly/2MDjATB> -"Accedida entre abril y agosto de 2019".
- [22] TELPRO, “TELPRO DISC ANODES DATA SHEET.” 2019.
- [23] CATHWELL, “ICCP reference electrodes,” 2019. [Online]. <http://bit.ly/2ZdYWA5> -"Accedida entre abril y agosto de 2019".
- [24] NORSOK, “NORSOK M-503 Cathodic Protection.” 2007.



- [25] J. Hellin Medina, “Análisis Climatológico del Mar Cantábrico y su influencia en la Navegación.” 2019.

- [26] CATHWELL, “SACRIFICIAL ANODES,” 2019. [Online].
<http://bit.ly/2Hpk6R0> -"Accedida entre abril y agosto de 2019".

- [27] CATHWELL, “Aluminium anode data sheet,” 2019. [Online].
<http://bit.ly/2NvcEra> -"Accedida entre abril y agosto de 2019".

- [28] YUXI, “Aluminium sacrificial anode.” 2019.

AVISO:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.